

Attorney Docket No. 1095.1208



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Shin-ichirou HARASAWA

Application No.:

Group Art Unit:

Filed: January 28, 2002

Examiner:

For: OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM IN WHICH GAINS IN GAIN BANDS ARE
REMOTELY CONTROLLED BY TRANSMITTING TONE SIGNALS HAVING VARIABLE
CHARACTERISTICS

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith
a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2001-226087

Filed: July 26, 2001

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing
date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the
requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: January 28, 2002

By: _____

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 11th Street, N.W., Ste. 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

Jc872 U.S. PTO
10/056080
01/28/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 7月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-226087

出 願 人

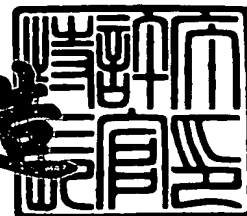
Applicant(s):

富士通株式会社

2001年 9月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3082595

【書類名】 特許願

【整理番号】 0150049

【提出日】 平成13年 7月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04L 29/02

【発明の名称】 光伝送システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 原沢 伸一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100092152

【弁理士】

【氏名又は名称】 服部 毅巖

【電話番号】 0426-45-6644

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009874

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705176

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光伝送システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光伝送制御を行う光伝送システムにおいて、

送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段と、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、前記光信号パワーに応じて、前記トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段と、前記光信号に前記トーン信号を含めて送信する光送信手段と、から構成される端局装置と、

利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う光増幅手段と、前記トーン信号を抽出して、抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、前記抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、から構成される中継装置と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

【請求項 2】 前記トーン信号抽出手段は、前記光信号を光／電気変換して電気信号を生成する光／電気変換手段と、前記周波数のフィルタリングを行って前記トーン信号を抽出するフィルタと、前記フィルタを通過した信号を平滑化して前記抽出信号を生成する平滑化手段と、から構成されることを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 3】 前記トーン信号設定手段は、前記トーン信号の成分の変化として、変調度または周波数を変化させ、前記利得を上げる場合には、前記変調度を下げるまたは前記周波数を規定周波数から離す制御を行い、前記利得を下げる場合には、前記変調度を上げるまたは前記周波数を規定周波数に近づける制御を行うことを特徴とする請求項 1 記載の光伝送システム。

【請求項 4】 光伝送制御を行う端局装置において、

送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段と、

利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、前記光信号パワーに応じて

、前記トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段と、
前記光信号に前記トーン信号を含めて送信する光送信手段と、
を有することを特徴とする端局装置。

【請求項 5】 光伝送制御を行う中継装置において、
利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う光増幅手段と

利得帯域毎に異なる周波数が設定されたトーン信号を抽出して、抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、

前記抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、
前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、
を有することを特徴とする中継装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システムに関し、特に光伝送制御を行う光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の光通信システムでは、ラマン増幅と呼ばれる光ファイバ内の非線形光学現象を利用した光ファイバ・アンプが注目されている。これは、物質内の振動現象により入射光と異なる波長の光が散乱される物理現象を利用して、光ファイバ伝送路全体に強い励起光を入射させて光増幅するものである（例えば、1.55 μm の波長の光信号を増幅するために、1.45 μm の励起光を光ファイバ伝送路に入射させる）。

【0003】

このようなラマン増幅方式を中継器に適用して、光増幅を行うことにより、従来よりも長距離の光ファイバケーブルを敷設することができ、広帯域中継間隔の拡大が可能になる。

【0004】

ここで、ラマン増幅を行う際には、通常は、励起光源として1波長以上持って（2種類以上の光源を一定発光させて）、それぞれの利得帯域で増幅を行う。このとき、それぞれの利得帯域に置かれる光信号の数が等しければ、それぞれの帯域に同じ利得を与えることになるので、良好な伝送特性を得ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記のような従来のラマン増幅制御では、一方の利得帯域に置かれる光信号の数が他方に比べて少ないという状態が生じた場合、励起光パワーは少ない波長数側の信号光パワーに集中的に変換されるために、それぞれの帯域での利得が異なってしまい、伝送特性の劣化が生じてしまうといった問題があった。

【0006】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、利得を光信号パワーの変動に応じて柔軟に変化させて、伝送特性の劣化を抑制し、高品質な光伝送制御を行う光伝送システムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明では上記課題を解決するために、図1に示す光伝送制御を行う光伝送システム1において、送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段11と、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、光信号パワーに応じて、トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段12と、光信号にトーン信号を含めて送信する光送信手段13と、から構成される端局装置10と、利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う光増幅手段21と、トーン信号を抽出して、抽出信号を生成するトーン信号抽出手段22と、抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、利得を可変制御するための制御信号を生成する利得制御手段23と、から構成される中継装置20と、を有することを特徴とする光伝送システム1が提供される。

【0008】

ここで、光信号パワー認識手段11は、送信した光信号に対し、利得帯域毎の

光信号パワーを認識する。トーン信号設定手段 1 2 は、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、光信号パワーに応じて、トーン信号の成分を変化させる。光送信手段 1 3 は、光信号にトーン信号を含めて送信する。光増幅手段 2 1 は、利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う。トーン信号抽出手段 2 2 は、トーン信号を抽出して、抽出信号を生成する。利得制御手段 2 3 は、抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、利得を可変制御するための制御信号を生成する。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。図 1 は本発明の光伝送システムの原理図である。光伝送システム 1 は、端局装置 1 0 と中継装置 2 0 から構成されて光ファイバ伝送路で接続し、長距離の光伝送を行う。

【0010】

なお、端局装置 1 0 は、図には示していないが実際には光ファイバ伝送路の両端に設置され、中継装置 2 0 も複数台設置される（本発明を海底光伝送システムに適用した場合には、光ファイバ伝送路及び複数の中継装置 2 0 は海中に設置され、端局装置 1 0 は例えば、陸上の局舎内に設置される）。

【0011】

端局装置 1 0 は、光信号パワー認識手段 1 1、トーン信号設定手段 1 2、光送信手段 1 3 を含む。光信号パワー認識手段 1 1 は、端局装置 1 0 が上り回線 L 1 から送信した光信号（サービス信号）に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する。

【0012】

光信号パワーの認識方法としては、例えば、受信側の端局装置（図示せず）が、端局装置 1 0 からの光信号を受信して、状態情報を下り回線（図示せず）を通じて端局装置 1 0 へ通知する。そして、光信号パワー認識手段 1 1 は、その状態情報から、光ファイバ伝送路上を流れる利得帯域毎の光信号パワーを認識する。

【0013】

トーン（Tone）信号設定手段 1 2 は、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号

を設定する。また、この際に光信号パワーに応じて（利得帯域毎の利得差をなくすように）、トーン信号の成分（変調度または周波数）を変化させる。そして、光送信手段 1 3 は、光信号にトーン信号を含めて送信する。

【 0 0 1 4 】

中継装置 2 0 は、光増幅手段 2 1、トーン信号抽出手段 2 2、利得制御手段 2 3 を含む。また、利得帯域毎にこれらの構成手段が設けられ、図では利得帯域が 2 つある場合を示している。

【 0 0 1 5 】

光増幅手段 2 1 - 1、2 1 - 2 は、利得制御手段 2 3 - 1、2 3 - 2 で生成された制御信号 $cnt\ 1$ 、 $cnt\ 2$ にもとづく利得で光増幅を行う。なお、本発明で行う光増幅は、光ファイバ伝送路に励起光を入射して、光ファイバ伝送路を増幅媒体としたラマン増幅を行うものとする。

【 0 0 1 6 】

トーン信号抽出手段 2 2 - 1、2 2 - 2 は、端局装置 1 0 から送信されたトーン信号を抽出して、抽出信号 $d\ 1$ 、 $d\ 2$ を生成する。利得制御手段 2 3 - 1、2 3 - 2 は、抽出信号 $d\ 1$ 、 $d\ 2$ と規準信号とをそれぞれ比較して、利得帯域（以下、ラマン利得帯域）毎の利得差をなくすように、利得を可変制御するための制御信号 $cnt\ 1$ 、 $cnt\ 2$ を生成する。

【 0 0 1 7 】

ここで、光信号とトーン信号 $T\ 1$ からなる信号群 $g\ 1$ が置かれるラマン利得帯域 $G\ 1$ と、光信号とトーン信号 $T\ 2$ からなる信号群 $g\ 2$ が置かれるラマン利得帯域 $G\ 2$ とに対し、信号群 $g\ 2$ の光信号の本数が信号群 $g\ 1$ の光信号の本数よりも少ないとする。すると、ラマン利得帯域 $G\ 2$ の利得が上昇してしまい、ラマン利得帯域 $G\ 1$ 、 $G\ 2$ で利得差が生じて伝送劣化が起こることになる。

【 0 0 1 8 】

このような場合、図では、ラマン利得帯域 $G\ 2$ の利得を下げるために、変調度を上げるまたは周波数を規定周波数に近づけたトーン信号 $T\ 2$ を中継装置 2 0 に対し送信する。

【 0 0 1 9 】

そして、中継装置 2 0 では、トーン信号 T 2 による制御信号 c n t 2 にもとづく光増幅を行って、ラマン利得帯域 G 2 の利得を下げてラマン増幅を行う。

また、ラマン利得帯域 G 1 の利得を上げて利得差をなくしてもよい。この場合には、変調度を下げるまたは周波数を規定周波数から離れたトーン信号 T 1 を中継装置 2 0 に対し送信する。

【 0 0 2 0 】

そして、中継装置 2 0 では、トーン信号 T 1 による制御信号 c n t 1 にもとづく光増幅を行って、ラマン利得帯域 G 1 の利得を上げてラマン増幅を行う。さらに、トーン信号 T 1、T 2 の両方を操作して、利得差をなくすようにしてもよい。

【 0 0 2 1 】

次に本発明が解決したい問題点について図 2 ～図 5 を用いて説明する。図 2 は中継器を示す図である。中継器 2 0 0 は、光ファイバケーブルに接続し、中継器 2 0 0 内部の光増幅部 2 0 1 は、入力された光信号を増幅して出力する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は光増幅部 2 0 1 の特性を示す図である。横軸が光増幅部 2 0 1 に入力する光信号の入力パワー、縦軸が光増幅部 2 0 1 の利得である。入力パワーが 0 から P 1 の領域は、光増幅部 2 0 1 の利得が一定である非飽和領域であり、P 1 以降の領域は、利得が低下していく飽和領域である。

【 0 0 2 3 】

ここで、光増幅部 2 0 1 の動作点を非飽和領域に設定した場合について考える（A 点）。光ファイバケーブルに何らかの回線障害等が発生すると、障害発生地点の後段に位置する光増幅部 2 0 1 への入力パワーが低下するが、光増幅部 2 0 1 は、入力パワーの変化に依存しない、利得が一定の非飽和領域で動作しているために、入力パワーが低下すると光増幅部 2 0 1 からの出力パワーも低下することになる。このため、出力パワーが低下したままで、各中継器 2 0 0 で中継されていくことになる。

【 0 0 2 4 】

一方、光増幅部 2 0 1 の動作点を飽和領域に設定した場合について考える（B

点)。光増幅部 2 0 1 は、入力パワーの変化に依存して、利得が変動する飽和領域で動作しているために、回線障害等の影響で入力パワーが低下したとしても（h 方向に移動）、利得は上昇方向にいくので、光増幅部 2 0 1 からの出力パワーは増加することになる。このため、中継器 2 0 0 で中継される毎に利得が補償されて、障害発生前の光信号パワーが復元されていく（self-healing）。

【 0 0 2 5 】

したがって、通常の光中継制御では、光増幅部 2 0 1 の動作点を、入力パワーの変化に応じて利得が変動する飽和領域に設定して光増幅制御を行っている。

図 4 はラマン利得帯域を示す図である。横軸が周波数、縦軸が利得である。中継器 2 0 0 は、光増幅部 2 0 1 内に、ラマン増幅用の 2 つの励起光源を有して、異なる波長の光を発光する。それぞれの利得帯域を、ラマン利得帯域 G 1、G 2 とする。

【 0 0 2 6 】

図 5 は問題点を説明するための図である。ラマン利得帯域 G 1、G 2 にそれぞれ置かれる光信号の数が同数、例えば 1 0 本ずつであれば、それぞれの帯域に同じ利得を与えることになり、伝送特性に劣化は生じない。

【 0 0 2 7 】

一方、ラマン利得帯域 G 1 に置かれる光信号の数が 1 0 本であり、ラマン利得帯域 G 2 に置かれる光信号の数が、例えば 4 本というように、アンバランスな状態になったとする。

【 0 0 2 8 】

この場合、ラマン利得帯域 G 2 側では、信号本数が減ることにより、入力パワーが低下することになるので、図 3 で上述したように利得が上昇し、出力パワーが増加することになる。このため、ラマン利得帯域 G 1、G 2 で利得が異なってくる。

【 0 0 2 9 】

システムの初期運用状態などでは、このようなアンバランスな信号数での運用があり、ラマン利得帯域 G 1、G 2 で利得が異なると、パワーが高い方の光信号の伝送特性が劣化することになり、品質の低下を引き起こす。本発明では、ラマ

ン利得を光信号パワーの変動（光信号数の変動）に応じて柔軟に変化させて、伝送特性の劣化を抑制し、光中継伝送制御の信頼性及び品質の向上を図るものである。

【0030】

次に中継装置20を具体化した構成について説明する（第1の実施の形態とする）。図6は中継装置20の構成を示す図である。本発明に係る構成要素のみ示す。中継装置20は、光カプラC1～C3、PD（フォトダイオード）、フィルタF1、F2、平滑化手段22a-1、22a-2、利得制御手段23-1、23-2を有する。また、LD1が、ラマン利得帯域G1用の励起光源であり、LD2がラマン利得帯域G2用の励起光源である。

【0031】

次にラマン利得帯域G1側のラマン増幅制御について説明する。上り回線L1を通じて、端局装置10から送信された光の信号は、光カプラC2で分岐されて、PDで受信される。

【0032】

PDは、受信した光の信号を電気信号に変換する。フィルタF1は、トーン信号T1の周波数をフィルタリングするバンドパスフィルタである（フィルタF2は、トーン信号T2の周波数をフィルタリングするバンドパスフィルタである）。

【0033】

フィルタF1を通過した信号は、平滑化手段22a-1で平滑化されて抽出信号である直流電圧d1に変換される。利得制御手段23-1は、直流電圧d1と規準電圧とを比較する。そして、比較結果にもとづいて制御信号である、LD1を駆動する駆動電流cnt1を出力する。この駆動電流cnt1により、ラマン利得帯域G1の利得を可変に設定する（LD1の励起パワーを可変に制御する）。

【0034】

LD1は駆動電流cnt1に応じた発光を行う。そして、LD1から出射された励起光は、光カプラC3、C1を通じて上り回線L1へ入射され、ラマン後方

励起が行われる。なお、ラマン利得帯域 G 2 側のラマン増幅制御も同様なので説明は省略する。

【0035】

次にラマン利得帯域 G 1、G 2 の利得制御について詳しく説明する。各ラマン利得帯域に対して、利得の上げ下げを制御する場合には、端局装置 1 0 では、ラマン利得帯域毎に、変調度または周波数を設定したトーン信号を送信し、中継装置 2 0 では、受信したトーン信号の変調度または周波数に応じて、LD を制御して利得を可変制御する。

【0036】

まず、変調度の設定により利得を制御する場合について説明する。図 7 は変調度を説明する図である。トーン信号設定手段 1 2 は、光信号にトーン信号を含ませる場合、光信号にトーン信号を重畳させて振幅変調した信号を生成する。

【0037】

ここで、光信号の振幅を B、振幅変調がかけられたトーン信号部分の 0 to Peak の振幅を A とした場合に、 $\text{変調度} = A / (A + B)$ である。なお、図に示すトーン信号の変調部分の周波数は、ラマン利得帯域毎に異なる周波数の値を設定する。

【0038】

図 8 はトーン信号の変調度と利得の関係をグラフで示した図である。縦軸が中継装置 2 0 における利得、横軸がトーン信号の変調度の強弱を示している。変調度が下がる（弱くなる）ほど中継装置 2 0 でのラマン利得帯域の利得は上昇する方向に制御され、変調度が上がる（強くなる）ほど中継装置 2 0 でのラマン利得帯域の利得は下降する方向に制御される。

【0039】

ここで、ラマン利得帯域 G 1 の利得を上げる場合、トーン信号設定手段 1 2 は、図 7 で示した振幅 A を下げて、トーン信号 T 1 の変調度を下げる（弱める）。中継装置 2 0 では、フィルタ F 1 でトーン信号 T 1 を抽出し、平滑化手段 2 2 a - 1 で平滑化した、レベルが小さめの直流電圧 d 1 を出力することになる。

【0040】

そして、利得制御手段 2 3 - 1 は、直流電圧 d_1 と規準電圧とを比較する。この場合は、直流電圧 $d_1 < \text{規準電圧}$ であるため、LD 1 の励起パワーを上げるような駆動電流 c_{nt1} を生成して、LD 1 へ送信する。LD 1 は、駆動電流 c_{nt1} にもとづいて利得を上げた励起光を出射する。

【0041】

一方、ラマン利得帯域 G_1 の利得を下げる場合、トーン信号設定手段 1 2 は、図 7 で示した振幅 A を上げて、トーン信号 T_1 の変調度を上げる（強める）。中継装置 2 0 では、フィルタ F_1 でトーン信号 T_1 を抽出し、平滑化手段 2 2 a - 1 で平滑化した、レベルが大きめの直流電圧 d_1 を出力する。

【0042】

そして、利得制御手段 2 3 - 1 は、直流電圧 d_1 と規準電圧とを比較する。この場合は、直流電圧 $d_1 > \text{規準電圧}$ であるため、LD 1 の励起パワーを下げるような駆動電流 c_{nt1} を生成して、LD 1 へ送信する。LD 1 は、駆動電流 c_{nt1} にもとづいて利得を下げた励起光を出射する。

【0043】

図 9 は変調度と利得の関係を示す概念図である。（A）は変調度が等しい場合、（B）は一方のトーン信号 T_1 の変調度が他方より弱い場合、（C）は一方のトーン信号 T_1 の変調度が他方より強い場合である。

【0044】

ラマン利得帯域 G_1 、 G_2 それぞれのトーン信号 T_1 、 T_2 に対し、（A）のように、トーン信号 T_1 の変調度とトーン信号 T_2 の変調度が等しければ（ T_1 の変調度 = T_2 の変調度）、ラマン利得帯域 G_1 、 G_2 の互いの利得は等しい。

【0045】

また、（B）のように、トーン信号 T_1 の変調度がトーン信号 T_2 の変調度よりも弱ければ（ T_1 の変調度 $< T_2$ の変調度）、ラマン利得帯域 G_1 の利得はラマン利得帯域 G_2 の利得よりも大きくなる。

【0046】

さらに、（C）のように、トーン信号 T_1 の変調度がトーン信号 T_2 の変調度よりも大きければ（ T_1 の変調度 $> T_2$ の変調度）、ラマン利得帯域 G_1 の利得

はラマン利得帯域 G_2 の利得よりも小さくなる。

【0047】

次に周波数の設定により利得を制御する場合について説明する。図10はトーン信号の周波数と利得の関係をグラフで示した図である。縦軸が中継装置20における利得、横軸がトーン信号の周波数を示している。

【0048】

図からわかるように、トーン信号の周波数が規定周波数（＝中継装置20のフィルタFで設定されている中心周波数）から離れるほど、中継装置20でのラマン利得帯域の利得は上昇する方向に制御され、周波数が規定周波数に近づくほど中継装置20でのラマン利得帯域の利得は下降する方向に制御される。

【0049】

ここで、ラマン利得帯域 G_1 の利得を上げる場合、トーン信号設定手段12は、トーン信号 T_1 の周波数を規定周波数（値を f_1 として規定周波数 f_1 と呼ぶ）から離して設定する。中継装置20では、フィルタF1でトーン信号 T_1 を抽出するが、フィルタF1の中心周波数の値は、規定周波数 f_1 であるため、この場合、フィルタロスが大きい通過特性となる。したがって、平滑化手段22a-1で平滑化された信号は、レベルが小さめの直流電圧 d_1 となる。

【0050】

そして、利得制御手段23-1は、直流電圧 d_1 と規準電圧とを比較する。この場合は、直流電圧 $d_1 <$ 規準電圧であるため、LD1の励起パワーを上げるような駆動電流 c_{nt1} を生成して、LD1へ送信する。LD1は、駆動電流 c_{nt1} にもとづいて利得を上げた励起光を出射する。

【0051】

一方、ラマン利得帯域 G_1 の利得を下げる場合、トーン信号設定手段12は、トーン信号 T_1 の周波数を規定周波数 f_1 に近づけて設定する。中継装置20では、フィルタF1でトーン信号 T_1 を抽出するが、フィルタF1の中心周波数の値は、規定周波数 f_1 であるため、この場合、フィルタロスが小さい通過特性となる。したがって、平滑化手段22a-1で平滑化された信号は、レベルが大きめの直流電圧 d_1 となる。

【0052】

そして、利得制御手段23-1は、直流電圧 d_1 と規準電圧とを比較する。この場合は、直流電圧 $d_1 >$ 規準電圧であるため、LD1の励起パワーを下げるような駆動電流 c_{nt1} を生成して、LD1へ送信する。LD1は、駆動電流 c_{nt1} にもとづいて利得を下げた励起光を出射する。

【0053】

図11は周波数と利得の関係を示す概念図である。(A)は周波数間隔が等しい場合、(B)は一方のトーン信号 T_1 の周波数間隔が他方より大きい場合、(C)は一方のトーン信号 T_1 の周波数間隔が他方より小さい場合である。

【0054】

ラマン利得帯域 G_1 、 G_2 それぞれのトーン信号 T_1 、 T_2 に対し、トーン信号 T_1 の周波数と規定周波数 f_1 との周波数間隔を D_1 、トーン信号 T_2 の周波数と規定周波数 f_2 との周波数間隔を D_2 とする。(A)のように、周波数間隔 D_1 と周波数間隔 D_2 が等しければ($D_1 = D_2$)、ラマン利得帯域 G_1 、 G_2 の互いの利得は等しい。

【0055】

また、(B)のように、周波数間隔 D_1 が周波数間隔 D_2 よりも大きければ($D_1 > D_2$)、ラマン利得帯域 G_1 の利得は、ラマン利得帯域 G_2 の利得よりも大きくなる。さらに、(C)のように、周波数間隔 D_1 が周波数間隔 D_2 よりも小さければ($D_1 < D_2$)、ラマン利得帯域 G_1 の利得は、ラマン利得帯域 G_2 の利得よりも小さくなる。

【0056】

次に送信側の端局装置10と、受信側の端局装置(端局装置100とする)での動作についてフローチャートを用いて説明する。図12は端局装置の動作を示すフローチャートである。

〔S1〕端局装置100は、端局装置10が上りの光ファイバ伝送路を通じて送信した光信号(トーン信号が含まれる)を受信して、光信号のスペクトルを読み込む。そして、読み込み結果を状態情報として端局装置10へ送信する。

〔S2〕端局装置10の光信号パワー認識手段11は、端局装置100から送信

されたスペクトルデータから、ラマン利得帯域毎の平均の光信号パワーを計算する。

〔S 3〕光信号パワー認識手段 1 1 は、計算結果が所定範囲内にあるか否かを判断する。所定範囲内であればステップ S 4 へ、なければステップ S 5 へ行く。

〔S 4〕トーン信号設定手段 1 2 は、現状のトーン信号の変調度または周波数を維持する。

〔S 5〕トーン信号設定手段 1 2 は、あるラマン利得帯域の利得を上げたい場合には、そのラマン利得帯域内に置かれたトーン信号の変調度を下げるか、または周波数を規定周波数から離す設定制御を行う。利得を下げる場合には、変調度を上げるか、または周波数を規定周波数に近づける設定制御を行う。

【0057】

以上説明したように、本発明では、端局装置 1 0 から、ラマン利得帯域内の光信号パワーにもとづいて、変調度に強弱を付けたり、または周波数を規定周波数からずらしたりしたトーン信号を送信し、中継装置 2 0 では、設定された変調度または周波数に応じて、ラマン利得帯域毎に利得の増減の制御を行う構成とした。

【0058】

これにより、光増幅利得をラマン利得帯域の光信号パワーの変動に応じて柔軟に変化させることができるので、利得差が生じるようなアンバランスな状態をなくして、伝送特性の劣化を抑制することができ、高品質な光伝送制御を行うことが可能になる。

【0059】

次に中継装置 2 0 の他の構成例として、第 2 の実施の形態から第 4 の実施の形態について説明する。図 1 3 は第 2 の実施の形態の構成を示す図である。第 2 の実施の形態は、2 本の上り回線 L 1 a、L 1 b を同時にラマン励起するような中継装置に対して本発明を適用した場合である。

【0060】

中継装置 2 0 a は、上り回線 L 1 a 側に、光カプラ C 1、C 2、PD 2 a、フィルタ F 1 a、F 2 a、平滑化手段 2 2 a-1、2 2 a-2、平均化手段 2 4-

1、利得制御手段 2 3 - 1 を有し、上り回線 L 1 b 側に、光カプラ C 4、C 5、PD 2 b、フィルタ F 1 b、F 2 b、平滑化手段 2 2 b - 1、2 2 b - 2、平均化手段 2 4 - 2、利得制御手段 2 3 - 2 を有する。

【0 0 6 1】

上り回線 L 1 a 側のトーン信号 T 1 の抽出制御は、フィルタ F 1 a、平滑化手段 2 2 a - 1 で行われ、上り回線 L 1 b 側のトーン信号 T 1 の抽出制御は、フィルタ F 1 b、平滑化手段 2 2 b - 1 で行われる。

【0 0 6 2】

上り回線 L 1 a 側のトーン信号 T 2 の抽出制御は、フィルタ F 2 a、平滑化手段 2 2 a - 2 で行われ、上り回線 L 1 b 側のトーン信号 T 2 の抽出制御は、フィルタ F 2 b、平滑化手段 2 2 b - 2 で行われる。また、LD 1 が、ラマン利得帯域 G 1 用の励起光源であり、LD 2 がラマン利得帯域 G 2 用の励起光源である。

【0 0 6 3】

次に上り回線 L 1 a、L 1 b におけるラマン利得帯域 G 1 側のラマン増幅制御について説明する。上り回線 L 1 a を通じて、端局装置 1 0 から送信された光の信号は、光カプラ C 2 で分岐されて、PD 2 a で受信される。また、上り回線 L 1 b を通じて端局装置 1 0 から送信された光の信号は、光カプラ C 5 で分岐されて、PD 2 b で受信される。

【0 0 6 4】

PD 2 a は、受信した光の信号を電気信号に変換し、フィルタ F 1 a は、上り回線 L 1 a 側のトーン信号 T 1 をフィルタリングする。フィルタ F 1 a を通過した信号は、平滑化手段 2 2 a - 1 で平滑化されて抽出信号である直流電圧 d 1 a に変換される。

【0 0 6 5】

また、PD 2 b は、受信した光の信号を電気信号に変換し、フィルタ F 1 b は、上り回線 L 1 b 側のトーン信号 T 1 をフィルタリングする。フィルタ F 1 b を通過した信号は、平滑化手段 2 2 b - 1 で平滑化されて抽出信号である直流電圧 d 1 b に変換される。

【0 0 6 6】

平均化手段 2 4 - 1 は、平滑化手段 2 2 a - 1 からの直流電圧 $d 1 a$ と、平滑化手段 2 2 b - 1 からの直流電圧 $d 1 b$ とを平均化して、平均化信号である平均電圧 $m 1$ を生成する。

【 0 0 6 7 】

利得制御手段 2 3 - 1 は、平均電圧 $m 1$ と規準電圧とを比較する。そして、比較結果にもとづいて制御信号である、LD 1 を駆動する駆動電流 $c n t 1$ を出力する。この駆動電流 $c n t 1$ により、ラマン利得帯域 $G 1$ の利得を可変に設定する。

【 0 0 6 8 】

LD 1 は駆動電流 $c n t 1$ に応じた発光を行う。そして、LD 1 から出射された励起光は、光カプラ C 3 で両回線に分岐され、光カプラ C 1、C 4 を通じて上り回線 L 1 a、L 1 b へ入射され、ラマン後方励起が行われる。なお、ラマン利得帯域 $G 2$ 側のラマン増幅制御も同様なので説明は省略する。

【 0 0 6 9 】

図 1 4 は第 3 の実施の形態の構成を示す図である。第 3 の実施の形態は、3 波長以上を制御する場合の構成である。中継装置 2 0 b は、光カプラ C 1、C 2、PD、フィルタ $F 1 \sim F n$ 、平滑化手段 2 2 a - 1 \sim 2 2 a - n、利得制御手段 2 3 - 1 \sim 2 3 - n を有する（フィルタ、平滑化手段、利得制御手段は、ラマン利得帯域が n ある場合に、それぞれに対応して配置される）。

【 0 0 7 0 】

また、LD 1 \sim LD n それぞれが、ラマン利得帯域 $G 1 \sim G n$ 用の励起光源である。合波器 2 5 は、LD 1 \sim LD n からの励起光を合波して、光カプラ C 1 を通じて、上り回線 L 1 へ入射してラマン後方励起を行う。なお、基本動作は同様なので、その他の詳細説明は省略する。

【 0 0 7 1 】

図 1 5 は第 4 の実施の形態の構成を示す図である。第 4 の実施の形態は、LD の駆動を ON / OFF 制御できる装置構成の場合である。中継装置 2 0 c は、第 1 の実施の形態の中継装置 2 0 に対して、あらたに駆動制御手段 2 6 を有する。

【 0 0 7 2 】

ここで、ラマン利得帯域 G 1 のみに光信号が置かれてサービスを実行するものとする。このときには、ラマン利得帯域 G 2 用の LD 2 は駆動させる必要はない。

【0073】

このような場合、端局装置 1 0 は、この旨を含む駆動情報を送信する。駆動情報は、光カプラ C 2 を通じて、PD で受信され、電気信号に変換されて、駆動制御手段 2 6 へ出力される。

【0074】

駆動制御手段 2 6 は、駆動情報を認識する。そして、LD 1 に駆動電流を流す利得制御手段 2 3 - 1 に対しては、駆動 ON の制御命令を送出する。また、LD 2 に駆動電流を流す利得制御手段 2 3 - 2 に対しては、駆動 OFF の制御命令を送出して、利得制御手段 2 3 - 2 からの出力を停止させる。このように、駆動制御手段 2 6 を用いて、LD の ON / OFF 制御を行うことにより、さらに効率のよい光中継制御が可能になる。

【0075】

次に本発明の光伝送システム 1 の変形例について説明する。図 1 6 は光伝送システム 1 の変形例を示す原理図である。光伝送システム 1 a は、端局装置 1 0 a と、中継装置 3 0 から構成される。なお、端局装置 1 0 a は、図 1 で上述した端局装置 1 0 と構成手段及び基本的な動作は同じであるため説明は省略する。

【0076】

ここで、上述した光伝送システム 1 は、あらかじめ中継装置内で設定された規準信号に対して、それぞれのラマン利得帯域の利得を可変制御する構成としたが、変形例の光伝送システム 1 a では、1 つの抽出信号（トーン信号）を規準信号にすることで、端局装置 1 0 a から規準信号の設定を行って、利得の可変制御を行うものである。

【0077】

中継装置 3 0 は、第 1 の光増幅手段 3 1 - 1、第 2 の光増幅手段 3 1 - 2、特定トーン信号抽出手段 3 2 - 1、トーン信号抽出手段 3 2 - 2、利得制御手段 3 3 を含む。

【 0 0 7 8 】

第 1 の光増幅手段 3 1 - 1 は、特定利得帯域（規準信号にしたいトーン信号を含む利得帯域を特定利得帯域と呼ぶ。ここでは、ラマン利得帯域 G 1 を特定利得帯域とする）に対し、一定発光制御により光増幅を行う。第 2 の光増幅手段は、特定利得帯域以外の利得帯域（例えば、ラマン利得帯域 G 2）毎に設けられ、制御信号 *c n t* にもとづく利得で光増幅を行う。

【 0 0 7 9 】

特定トーン信号抽出手段 3 2 - 1 は、特定利得帯域の側からトーン信号を抽出して特定抽出信号を生成する。トーン信号抽出手段 3 2 - 2 は、特定利得帯域以外の利得帯域の側からトーン信号を抽出して抽出信号 *d* を生成する。

【 0 0 8 0 】

利得制御手段 3 3 は、特定抽出信号を規準信号とし、抽出信号 *d* とこの規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、利得を可変制御するための制御信号 *c n t* を生成する。

【 0 0 8 1 】

次に中継装置 3 0 を具体化した構成について説明する（第 1 の変形例とする）。図 1 7 は中継装置 3 0 の構成を示す図である。中継装置 3 0 は、光カプラ C 1 ~ C 3、一定発光制御手段 3 1 a、P D、フィルタ F 1、F 2、平滑化手段 3 2 a - 1、3 2 a - 2、利得制御手段 3 3 を有する。

【 0 0 8 2 】

また、L D 1 が、ラマン利得帯域 G 1 用の励起光源であり、L D 2 がラマン利得帯域 G 2 用の励起光源である。そして、図の例では、ラマン利得帯域 G 1 側のトーン信号 T 1 を規準信号として使用する場合には、L D 1 は、一定発光制御手段 3 1 a からの制御を受けて一定発光を行う。

【 0 0 8 3 】

このような、中継装置 3 0 では、一方のトーン信号 T 1 を規準信号にしてラマン利得帯域 G 1 側の L D 1 を一定発光とし、ラマン利得帯域 G 2 側の利得をこの規準電圧にもとづいて、可変制御する。

【 0 0 8 4 】

したがって、上述した光伝送システム 1 の場合では、ラマン利得帯域 G 1、G 2 の利得を双方動かして利得差をなくしていたが（一方だけ動かしてもよい）、変形例の光伝送システム 1 a では、規準となる 1 つのラマン利得帯域の利得に、その他のラマン利得帯域の利得を合わせることで利得差をなくしている（この例では、ラマン利得帯域 G 2 の利得を、ラマン利得帯域 G 1 側に合わせることで利得差をなくしている）。

【 0 0 8 5 】

次に中継装置 3 0 の他の構成例として、第 2 の変形例から第 4 の変形例について説明する。ただし、第 2 の変形例から第 4 の変形例は、図 1 3 ～図 1 5 で上述した中継装置と同じ基本的な構成を持つので、特長部分のみ説明する。

【 0 0 8 6 】

図 1 8 は第 2 の変形例の構成を示す図である。第 2 の変形例は、図 1 3 で上述した中継装置 2 0 a に対応した変形例の構成を持つ。

中継装置 3 0 a は、上り回線 L 1 a 側に、光カプラ C 1、C 2、PD 3 a、フィルタ F 1 a、F 2 a、平滑化手段 3 2 a - 1、3 2 a - 2、平均化手段 3 4 - 1 を有し、上り回線 L 1 b 側に、光カプラ C 4、C 5、PD 3 b、フィルタ F 1 b、F 2 b、平滑化手段 3 2 b - 1、3 2 b - 2、平均化手段 3 4 - 2 を有する。

【 0 0 8 7 】

また、光カプラ C 3、一定発光制御手段 3 1 a、利得制御手段 3 3 を有し、LD 1 が、ラマン利得帯域 G 1 用の励起光源、LD 2 がラマン利得帯域 G 2 用の励起光源である。

【 0 0 8 8 】

上り回線 L 1 a 側のトーン信号 T 1 の抽出制御は、フィルタ F 1 a、平滑化手段 3 2 a - 1 で行われ、上り回線 L 1 b 側のトーン信号 T 1 の抽出制御は、フィルタ F 1 b、平滑化手段 3 2 b - 1 で行われる。そして、利得制御手段 3 3 は、平均化された規準電圧（抽出信号 d 1 a、d 1 b を平均化して生成）と、平均電圧 m とを比較し、ラマン利得帯域 G 2 の利得を可変制御する。

【 0 0 8 9 】

図 1 9 は第 3 の変形例の構成を示す図である。第 3 の変形例は、図 1 4 で上述した中継装置 2 0 b に対応した変形例の構成を持つ。中継装置 3 0 b は、光カプラ C 1、C 2、一定発光制御手段 3 1 a、P D、フィルタ F 1 ~ F n、平滑化手段 3 2 a - 1 ~ 3 2 a - n、利得制御手段 3 3 - 2 ~ 3 3 - n を有する。

【0 0 9 0】

また、L D 1 ~ L D n それぞれが、ラマン利得帯域 G 1 ~ G n 用の励起光源であり、合波器 3 5 は、L D 1 ~ L D n からの励起光を合波する。中継装置 3 0 b は、ラマン利得帯域 G 2 ~ G n それぞれの利得を、ラマン利得帯域 G 1 側に合わせて利得差をなくす制御を行う。

【0 0 9 1】

図 2 0 は第 4 の変形例を示す図である。第 4 の変形例は、図 1 5 で上述した中継装置 2 0 c に対応した変形例の構成を持つ。中継装置 3 0 c は、第 1 の変形例の中継装置 3 0 に対して、あらたに駆動制御手段 3 6 を有する。そして、駆動制御手段 3 6 によってラマン利得帯域 G 2 側の L D 2 の O N / O F F 制御を行う。

【0 0 9 2】

以上説明したように、本発明では、端局装置から、利得帯域毎に周波数が異なり、かつ認識した光信号パワーに応じて変調度または周波数を変化させたトーン信号を送信し、中継装置ではトーン信号にもとづいて、利得帯域毎の利得差をなくすように、ラマン増幅の利得を可変制御する構成とした。これにより、光増幅利得を光信号パワーの変動に応じて柔軟に変化させることができるので、伝送特性の劣化を抑制し、高品質な光伝送制御を行うことが可能になる。

【0 0 9 3】

(付記 1) 光伝送制御を行う光伝送システムにおいて、

送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段と、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、前記光信号パワーに応じて、前記トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段と、前記光信号に前記トーン信号を含めて送信する光送信手段と、から構成される端局装置と

利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う光増幅手段と

、前記トーン信号を抽出して、抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、前記抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、から構成される中継装置と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

【0094】

（付記2） 前記光増幅手段は、光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

【0095】

（付記3） 前記トーン信号抽出手段は、前記光信号を光／電気変換して電気信号を生成する光／電気変換手段と、前記周波数のフィルタリングを行って前記トーン信号を抽出するフィルタと、前記フィルタを通過した信号を平滑化して前記抽出信号を生成する平滑化手段と、から構成されることを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

【0096】

（付記4） 前記トーン信号設定手段は、前記トーン信号の成分として、変調度または周波数を変化させ、前記利得を上げる場合には、前記変調度を下げるまたは前記周波数を規定周波数から離す制御を行い、前記利得を下げる場合には、前記変調度を上げるまたは前記周波数を規定周波数に近づける制御を行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

【0097】

（付記5） 複数回線に光増幅が行われる場合には、前記抽出信号を平均化する平均化手段をさらに有し、前記利得制御手段は、平均化信号と前記規準信号とを比較して利得制御を行うことを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

【0098】

（付記6） 前記中継装置は、1つの回線に対して、3波長以上の励起光源を有する場合は、励起光を合波する合波手段をさらに有することを特徴とする付記1記載の光伝送システム。

【 0 0 9 9 】

（付記 7） 前記光増幅手段の ON / OFF の駆動制御を行う駆動制御手段をさらに有することを特徴とする付記 1 記載の光伝送システム。

（付記 8） 光伝送制御を行う端局装置において、

送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段と、

利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、前記光信号パワーに応じて、前記トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段と、

前記光信号に前記トーン信号を含めて送信する光送信手段と、

を有することを特徴とする端局装置。

【 0 1 0 0 】

（付記 9） 前記トーン信号設定手段は、前記トーン信号の成分として、変調度または周波数を変化させ、利得を上げる場合には、前記変調度を下げるまたは前記周波数を規定周波数から離す制御を行い、利得を下げる場合には、前記変調度を上げるまたは前記周波数を規定周波数に近づける制御を行うことを特徴とする付記 8 記載の端局装置。

【 0 1 0 1 】

（付記 1 0） 光伝送制御を行う中継装置において、

利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う光増幅手段と

利得帯域毎に異なる周波数が設定されたトーン信号を抽出して、抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、

前記抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、

を有することを特徴とする中継装置。

【 0 1 0 2 】

（付記 1 1） 前記光増幅手段は、光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行うことを特徴とする付記 1 0 記載の中継装置。

【0103】

(付記12) 前記トーン信号抽出手段は、前記光信号を光／電気変換して電気信号を生成する光／電気変換手段と、前記周波数のフィルタリングを行って前記トーン信号を抽出するフィルタと、前記フィルタを通過した信号を平滑化して前記抽出信号を生成する平滑化手段と、から構成されることを特徴とする付記10記載の中継装置。

【0104】

(付記13) 複数回線に光増幅が行われる場合には、前記抽出信号を平均化する平均化手段をさらに有し、前記利得制御手段は、平均化信号と前記規準信号とを比較して利得制御を行うことを特徴とする付記10記載の中継装置。

【0105】

(付記14) 1つの回線に対して、3波長以上の励起光源を有する場合は、励起光を合波する合波手段をさらに有することを特徴とする付記10記載の中継装置。

【0106】

(付記15) 前記光増幅手段のON／OFFの駆動制御を行う駆動制御手段をさらに有することを特徴とする付記10記載の中継装置。

(付記16) 光伝送制御を行う光伝送システムにおいて、

送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する光信号パワー認識手段と、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、前記光信号パワーに応じて、前記トーン信号の成分を変化させるトーン信号設定手段と、前記光信号に前記トーン信号を含めて送信する光送信手段と、から構成される端局装置と、

特定利得帯域に対し、一定発光制御により光増幅を行う第1の光増幅手段と、前記特定利得帯域以外の利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う第2の光増幅手段と、前記特定利得帯域の側からトーン信号を抽出して特定抽出信号を生成する特定トーン信号抽出手段と、前記特定利得帯域以外の利得帯域の側からトーン信号を抽出して抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、前記特定抽出信号を規準信号とし、前記抽出信号と前記規準信号とを比較して

、利得帯域毎の利得差をなくすように、前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、から構成される中継装置と、

を有することを特徴とする光伝送システム。

【0107】

（付記17） 前記第1の光増幅手段及び前記第2の光増幅手段は、光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行うことを特徴とする付記16記載の光伝送システム。

【0108】

（付記18） 前記特定トーン信号抽出手段及び前記トーン信号抽出手段は、前記光信号を光／電気変換して電気信号を生成する光／電気変換手段と、前記周波数のフィルタリングを行って前記トーン信号を抽出するフィルタと、前記フィルタを通過した信号を平滑化して前記特定抽出信号または前記抽出信号を生成する平滑化手段と、から構成されることを特徴とする付記16記載の光伝送システム。

【0109】

（付記19） 前記トーン信号設定手段は、前記トーン信号の成分として、変調度または周波数を変化させ、前記利得を上げる場合には、前記変調度を下げるまたは前記周波数を規定周波数から離す制御を行い、前記利得を下げる場合には、前記変調度を上げるまたは前記周波数を規定周波数に近づける制御を行うことを特徴とする付記16記載の光伝送システム。

【0110】

（付記20） 複数回線に光増幅が行われる場合には、前記抽出信号を平均化する平均化手段をさらに有し、前記利得制御手段は、平均化信号と前記規準信号とを比較して利得制御を行うことを特徴とする付記16記載の光伝送システム。

【0111】

（付記21） 前記中継装置は、1つの回線に対して、3波長以上の励起光源を有する場合は、励起光を合波する合波手段をさらに有することを特徴とする付記16記載の光伝送システム。

【0112】

(付記 2 2) 前記第 2 の光増幅手段の ON / OFF の駆動制御を行う駆動制御手段をさらに有することを特徴とする付記 1 6 記載の光伝送システム。

(付記 2 3) 光伝送制御を行う中継装置において、
 特定利得帯域に対し、一定発光制御により光増幅を行う第 1 の光増幅手段と、
 前記特定利得帯域以外の利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う第 2 の光増幅手段と、

利得帯域毎に異なる周波数が設定されたトーン信号に対し、前記特定利得帯域の側からトーン信号を抽出して特定抽出信号を生成する特定トーン信号抽出手段と、

前記特定利得帯域以外の利得帯域の側からトーン信号を抽出して抽出信号を生成するトーン信号抽出手段と、

前記特定抽出信号を規準信号とし、前記抽出信号と前記規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、前記利得を可変制御するための前記制御信号を生成する利得制御手段と、

を有することを特徴とする中継装置。

【 0 1 1 3 】

(付記 2 4) 前記第 1 の光増幅手段及び前記第 2 の光増幅手段は、光ファイバ伝送路に励起光を入射して、前記光ファイバ伝送路を増幅媒体とした光増幅を行うことを特徴とする付記 2 3 記載の中継装置。

【 0 1 1 4 】

(付記 2 5) 前記特定トーン信号抽出手段及び前記トーン信号抽出手段は、前記光信号を光 / 電気変換して電気信号を生成する光 / 電気変換手段と、前記周波数のフィルタリングを行って前記トーン信号を抽出するフィルタと、前記フィルタを通過した信号を平滑化して前記特定抽出信号または前記抽出信号を生成する平滑化手段と、から構成されることを特徴とする付記 2 3 記載の中継装置。

【 0 1 1 5 】

(付記 2 6) 複数回線に光増幅が行われる場合には、前記抽出信号を平均化する平均化手段をさらに有し、前記利得制御手段は、平均化信号と前記規準信号とを比較して利得制御を行うことを特徴とする付記 2 3 記載の中継装置。

【 0 1 1 6 】

(付記 2 7) 1 つの回線に対して、3 波長以上の励起光源を有する場合は、励起光を合波する合波手段をさらに有することを特徴とする付記 2 3 記載の中継装置。

【 0 1 1 7 】

(付記 2 8) 前記第 2 の光増幅手段の ON / OFF の駆動制御を行う駆動制御手段をさらに有することを特徴とする付記 2 3 記載の中継装置。

【 0 1 1 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光伝送システムは、端局装置から、利得帯域毎に周波数が異なり、かつ認識した光信号パワーに応じて成分を変化させたトーン信号を送信し、中継装置ではトーン信号にもとづいて、利得帯域毎の利得差をなくすように、光増幅手段の利得を可変制御する構成とした。これにより、光増幅利得を光信号パワーの変動に応じて柔軟に変化させることができるので、伝送特性の劣化を抑制し、高品質な光伝送制御を行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光伝送システムの原理図である。

【図 2】

中継器を示す図である。

【図 3】

光増幅部の特性を示す図である。

【図 4】

ラマン利得帯域を示す図である。

【図 5】

問題点を説明するための図である。

【図 6】

中継装置の構成を示す図である。

【図 7】

変調度を説明する図である。

【図 8】

トーン信号の変調度と利得の関係をグラフで示した図である。

【図 9】

変調度と利得の関係を示す概念図である。(A)は変調度が等しい場合、(B)は一方のトーン信号の変調度が他方より弱い場合、(C)は一方のトーン信号の変調度が他方より強い場合である。

【図 1 0】

トーン信号の周波数と利得の関係をグラフで示した図である。

【図 1 1】

周波数と利得の関係を示す概念図である。(A)は周波数間隔が等しい場合、(B)は一方のトーン信号の周波数間隔が他方より大きい場合、(C)は一方のトーン信号の周波数間隔が他方より小さい場合である。

【図 1 2】

端局装置の動作を示すフローチャートである。

【図 1 3】

第 2 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 1 4】

第 3 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 1 5】

第 4 の実施の形態の構成を示す図である。

【図 1 6】

光伝送システムの変形例を示す原理図である。

【図 1 7】

中継装置の構成を示す図である。

【図 1 8】

第 2 の変形例の構成を示す図である。

【図 1 9】

第 3 の変形例の構成を示す図である。

【図 2 0】

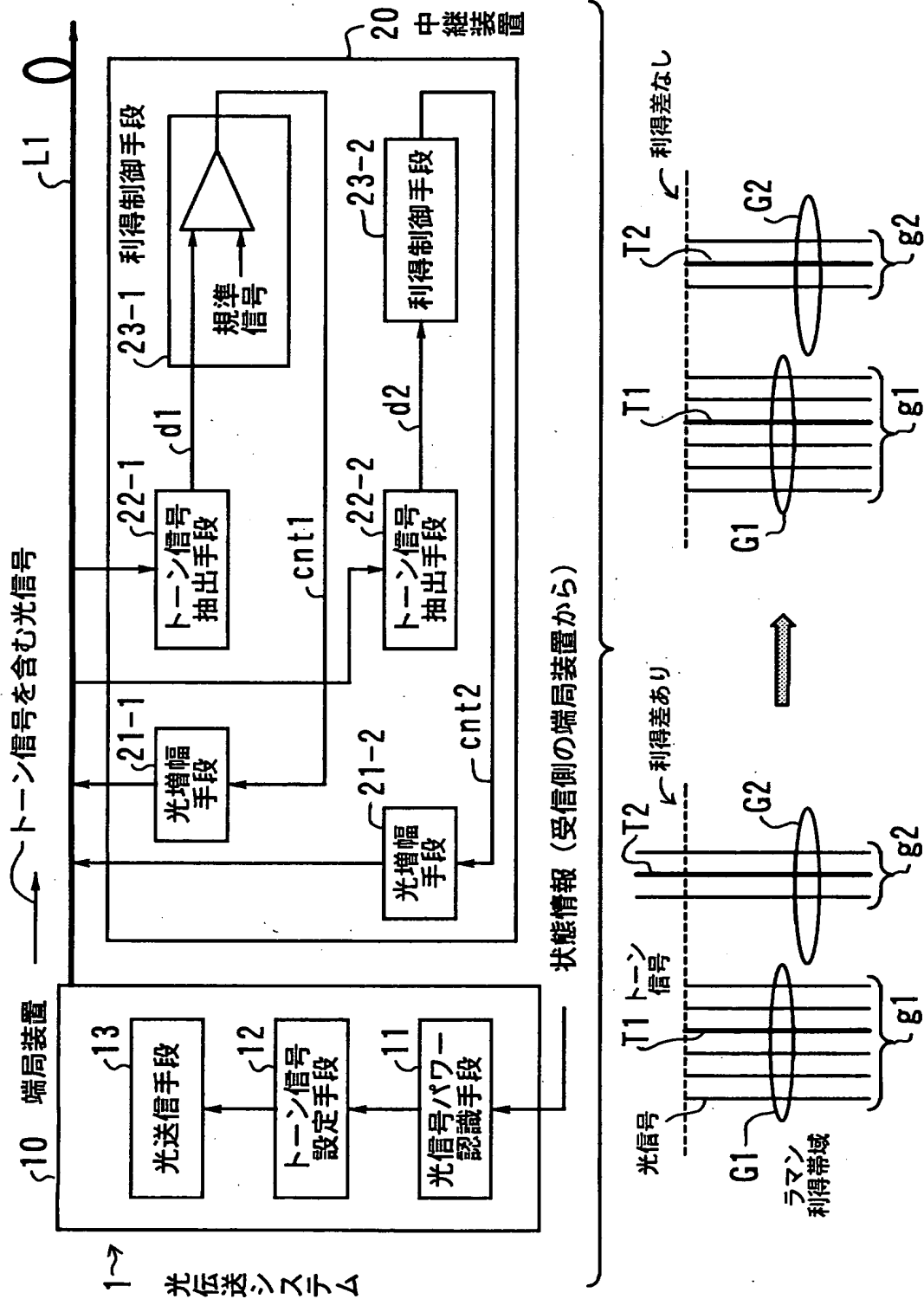
第 4 の変形例の構成を示す図である。

【符号の説明】

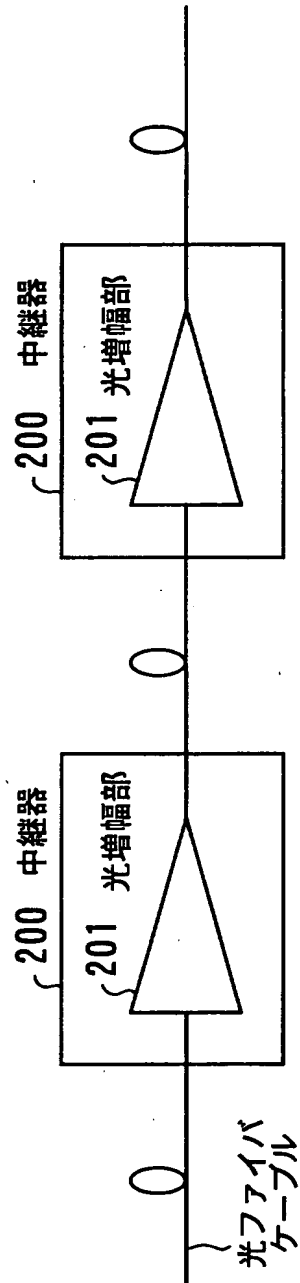
- 1 光伝送システム
 - 1 0 端局装置
 - 1 1 光信号パワー認識手段
 - 1 2 トーン信号設定手段
 - 1 3 光送信手段
 - 2 0 中継装置
 - 2 1 - 1、2 1 - 2 光増幅手段
 - 2 2 - 1、2 2 - 2 トーン信号抽出手段
 - 2 3 - 1、2 3 - 2 利得制御手段
 - L 1 光ファイバ伝送路上り回線
 - d 1、d 2 抽出信号
 - c n t 1、c n t 2 制御信号
 - G 1、G 2 ラマン利得帯域
 - g 1、g 2 信号群

【書類名】 図面

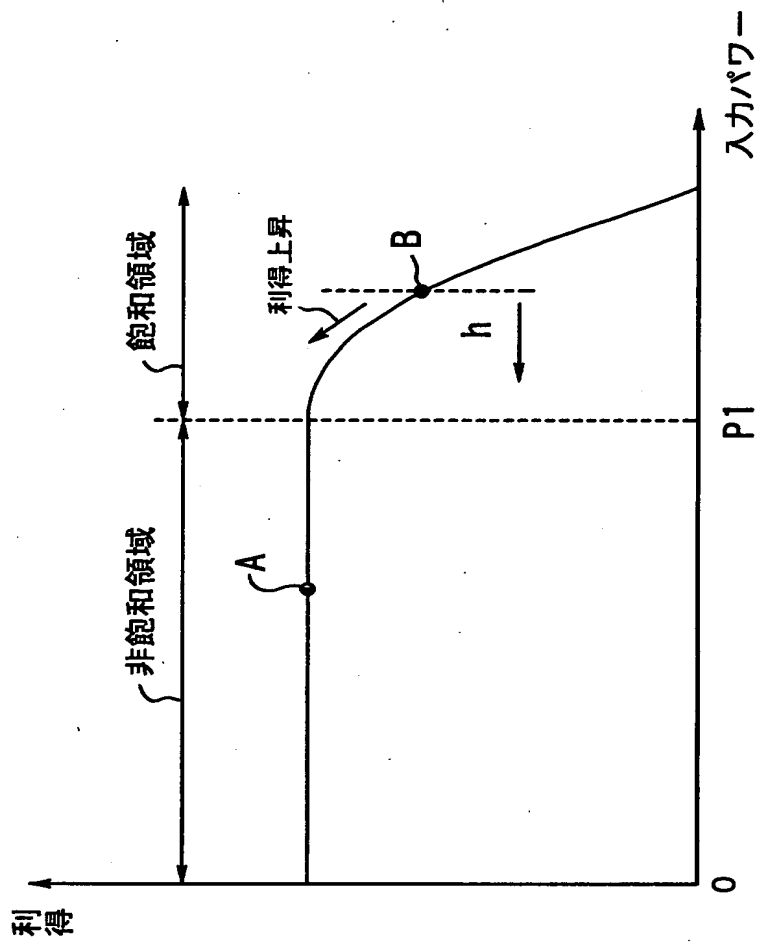
【図 1】



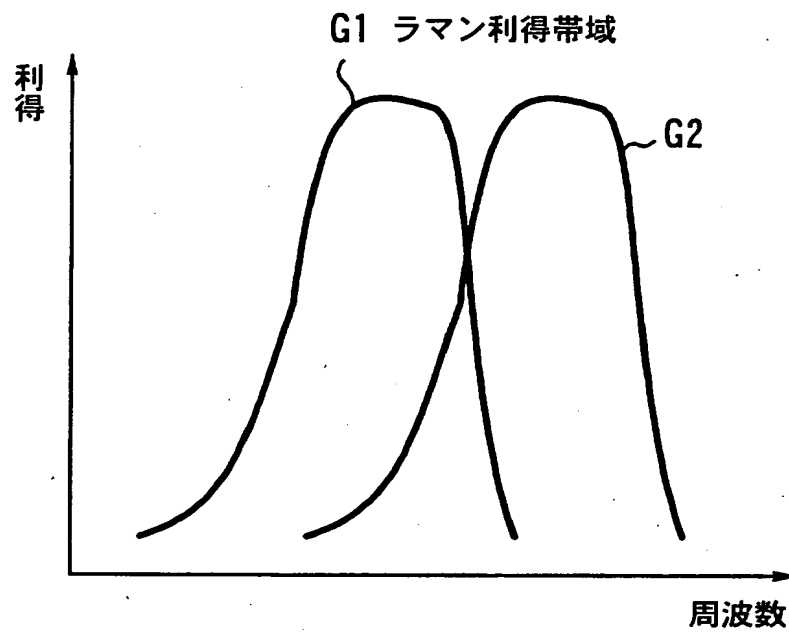
【図 2】



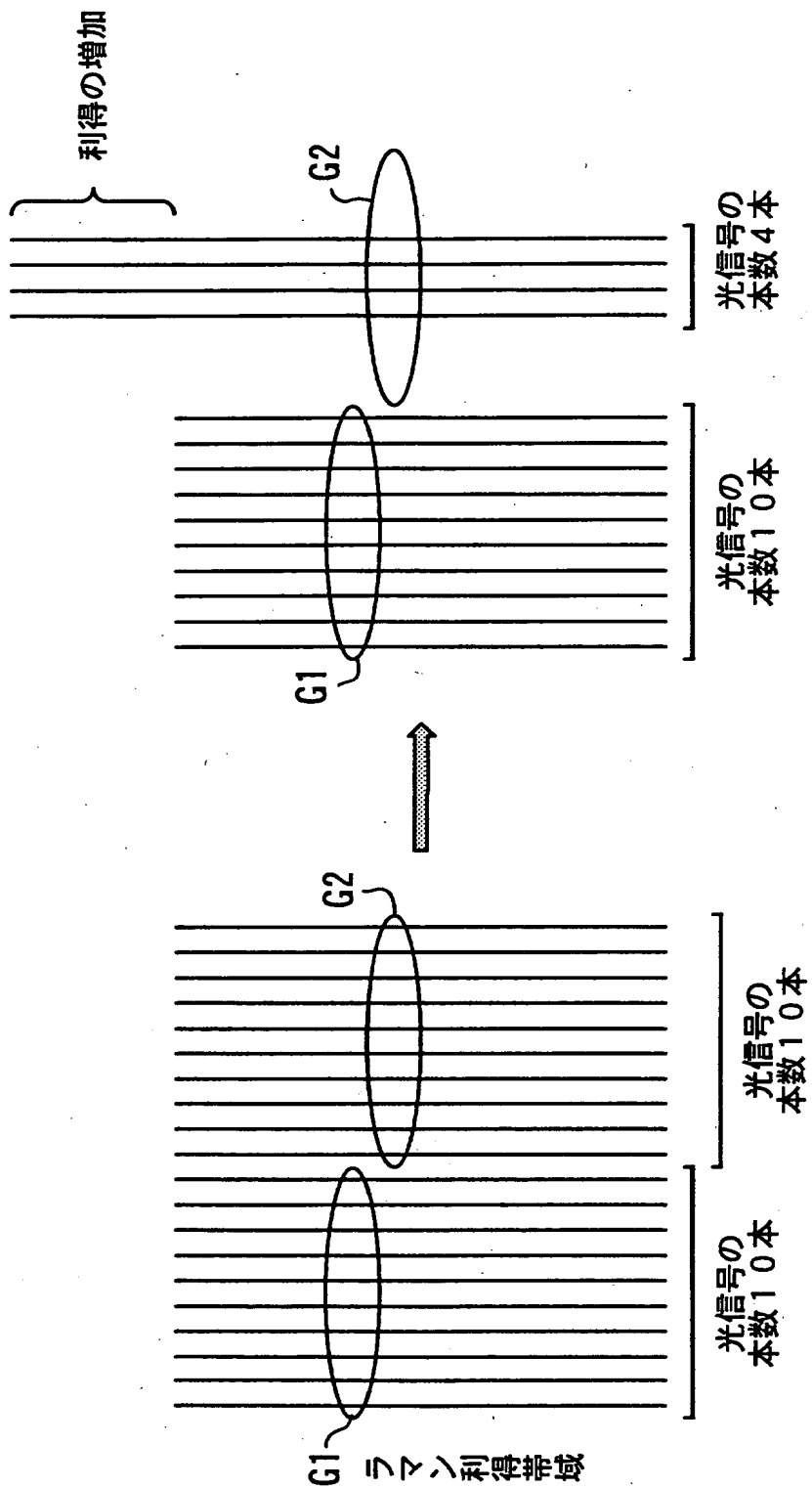
【図 3】



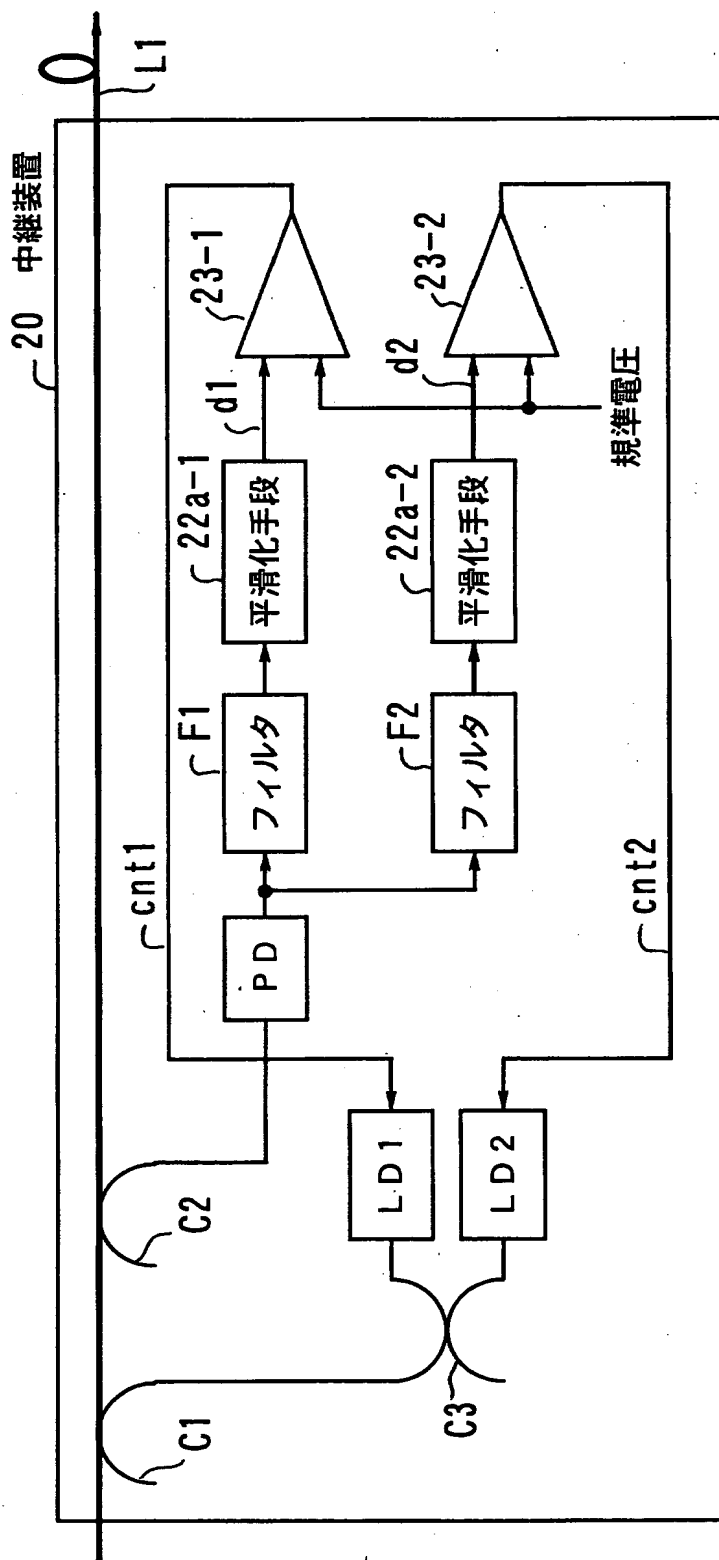
【図4】



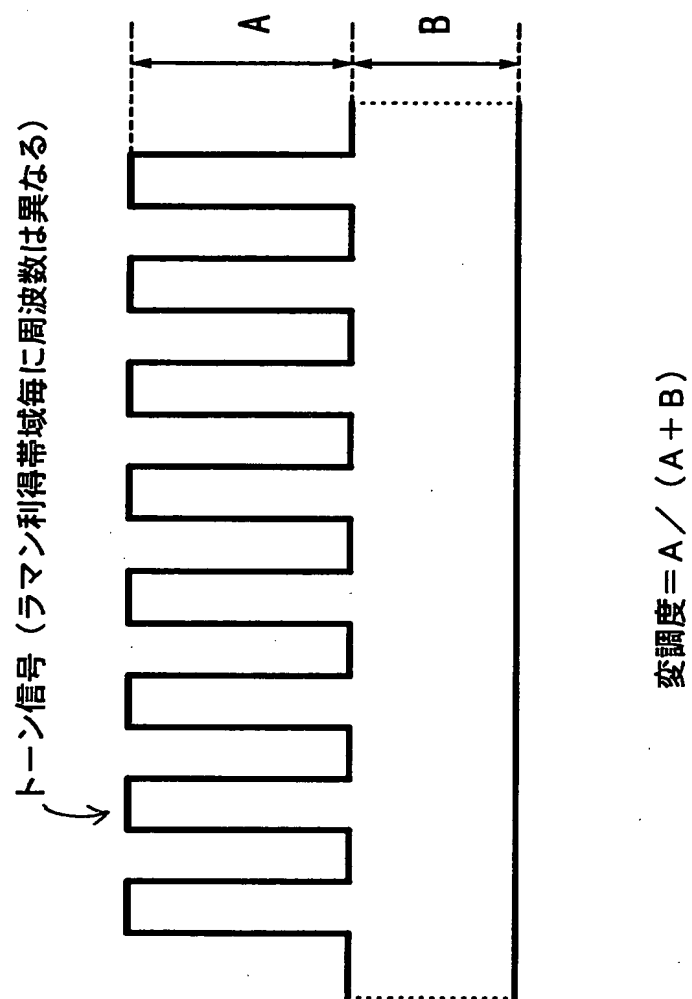
【図 5】



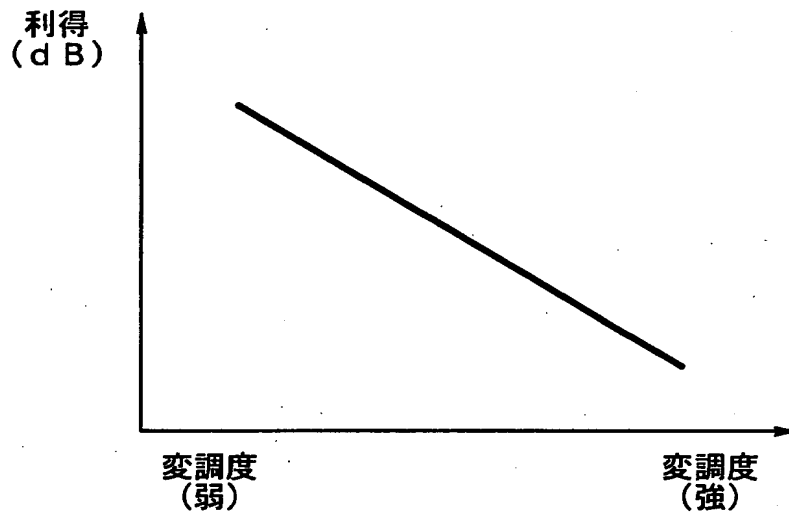
【図 6】



【図 7】

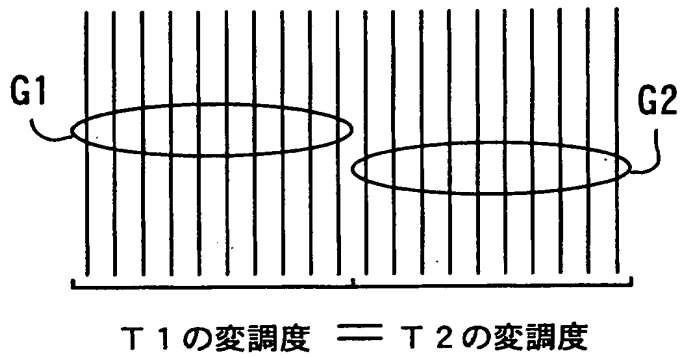


【図 8】

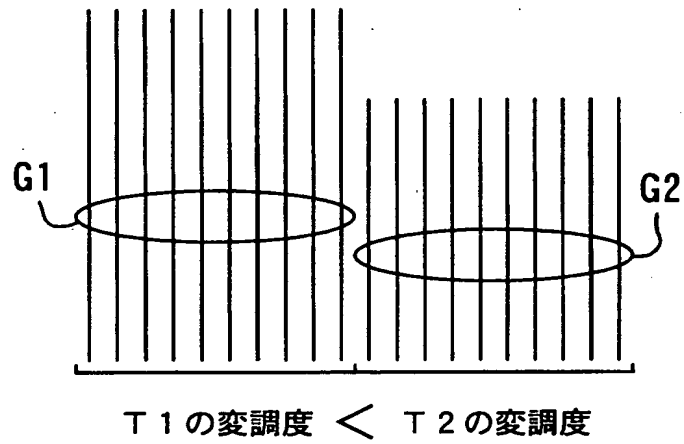


【図 9】

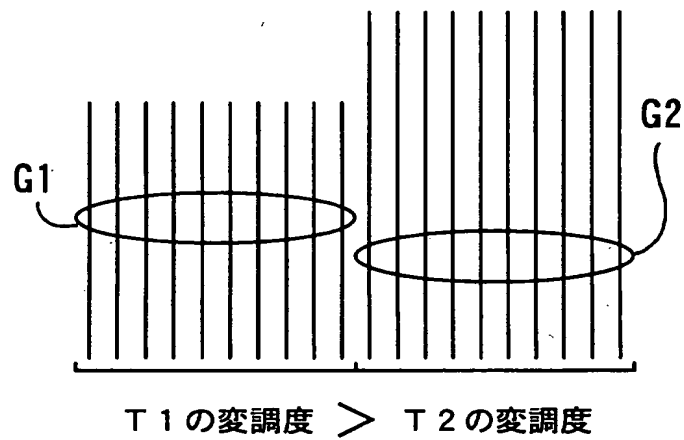
(A)



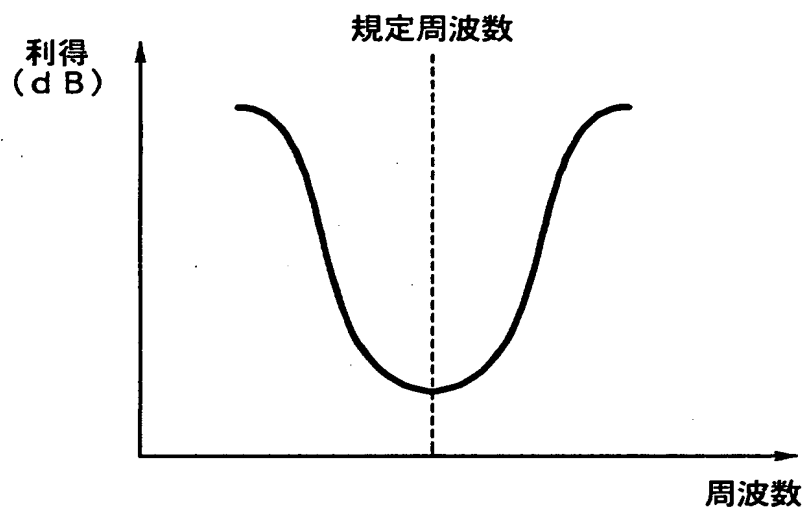
(B)



(C)

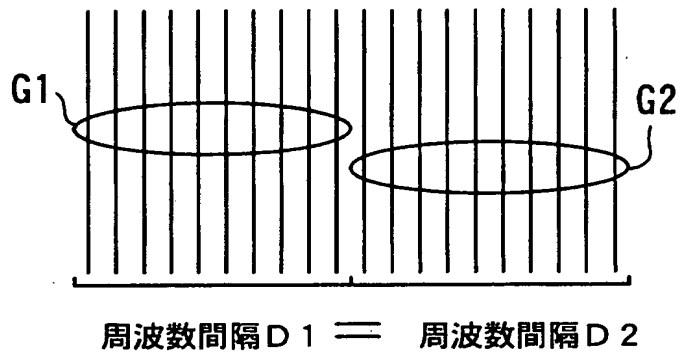


【図 1 0.】

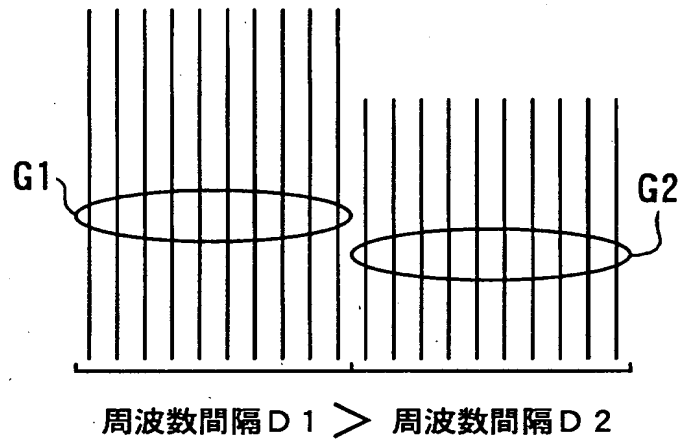


【図 1 1】

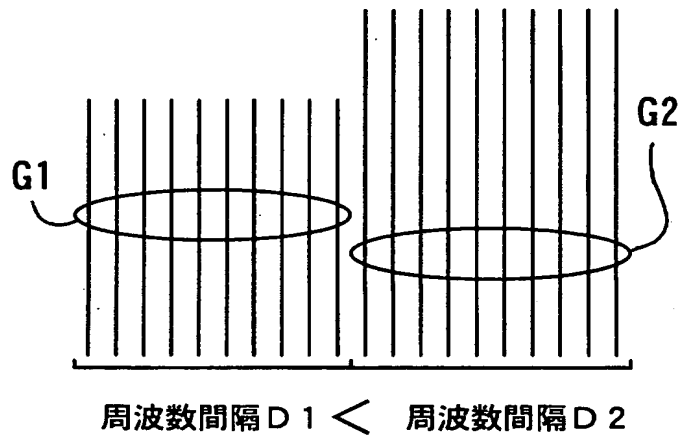
(A)



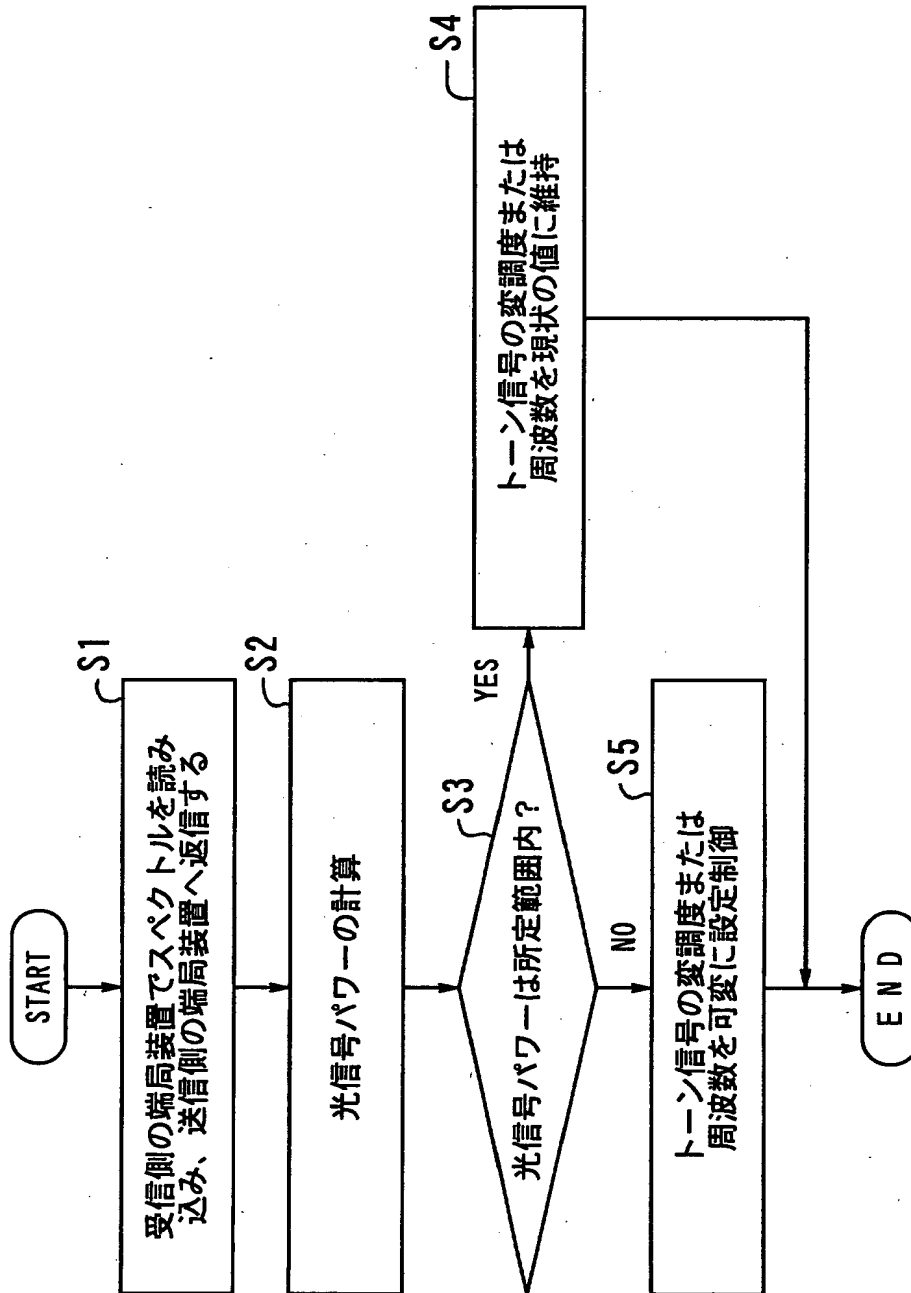
(B)



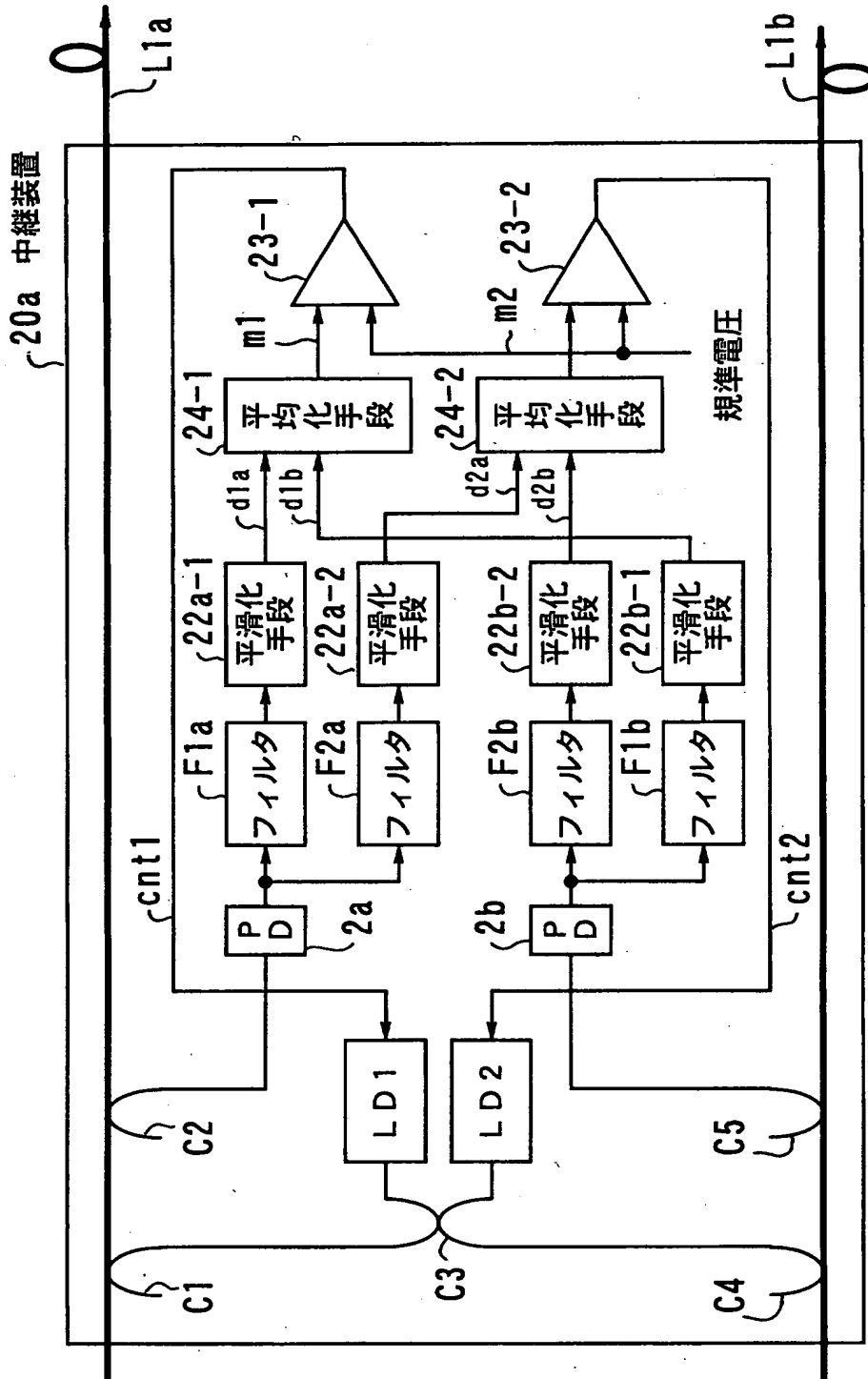
(C)



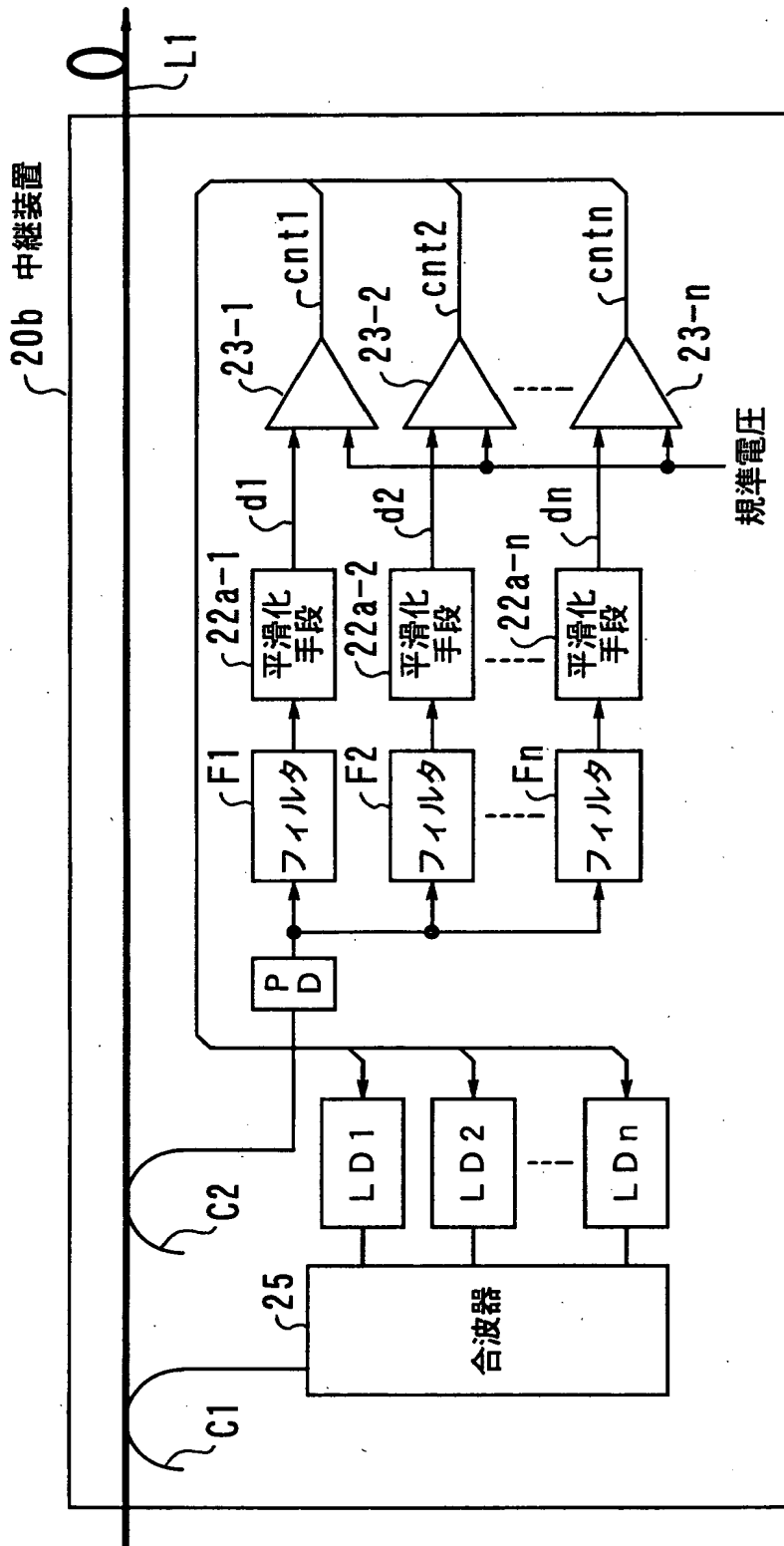
【図 12】



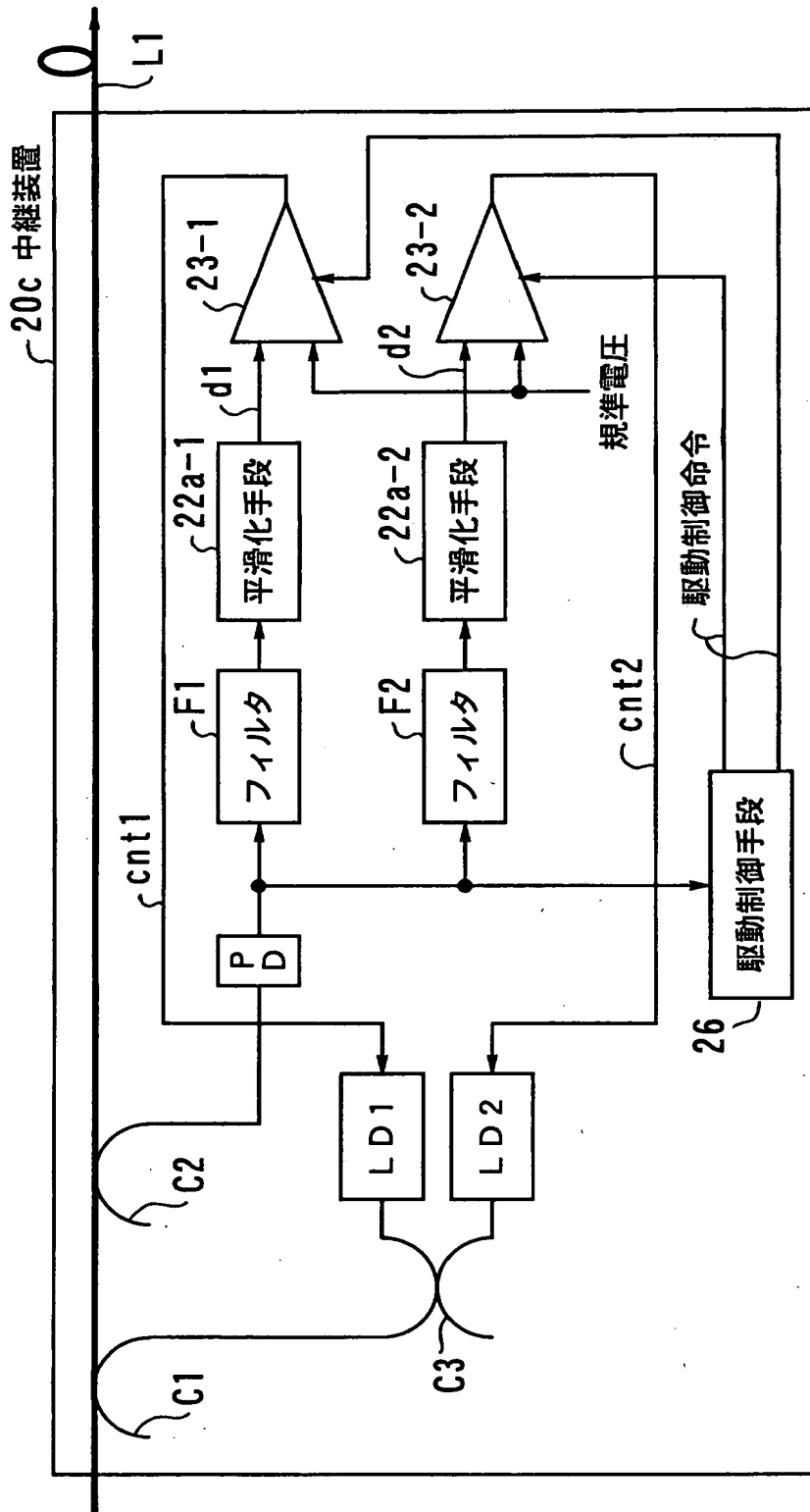
【図 13】



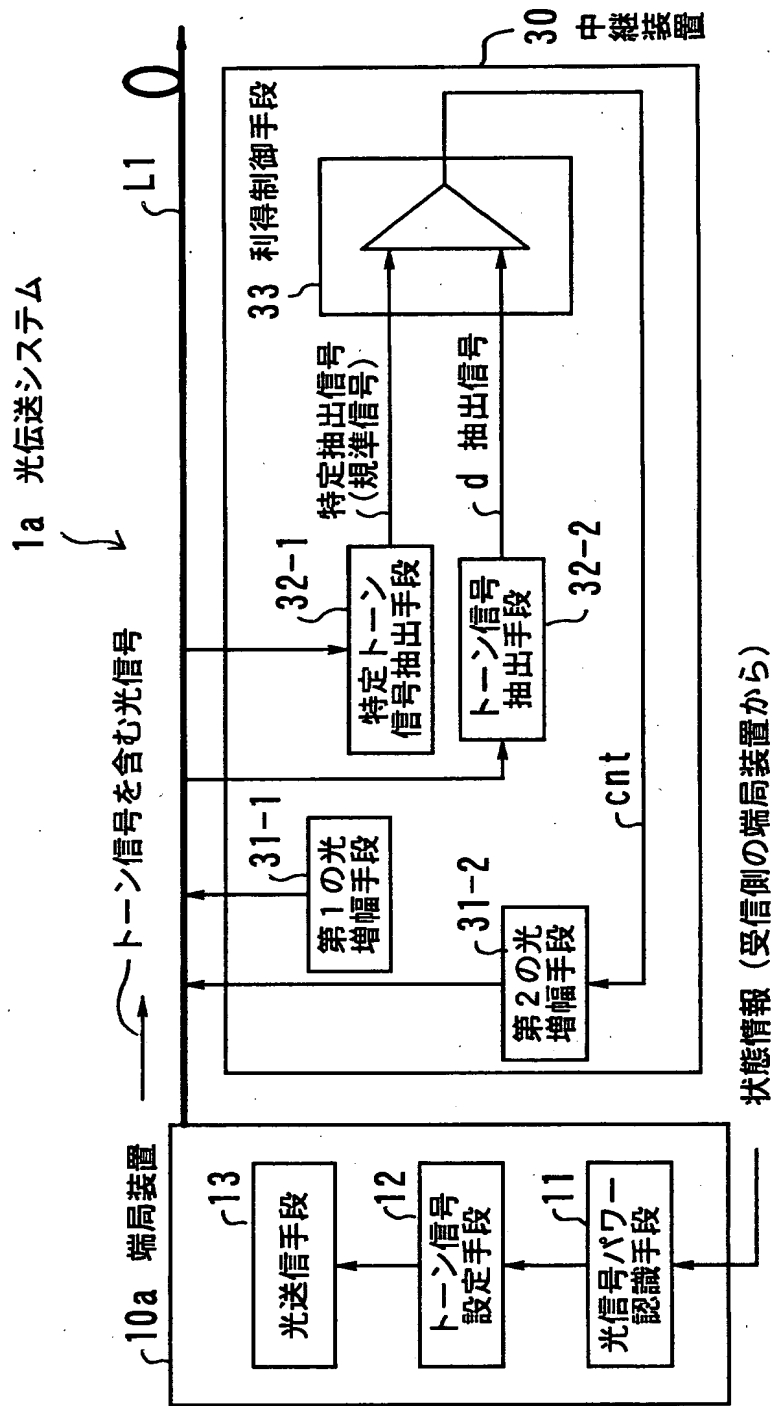
【図14】



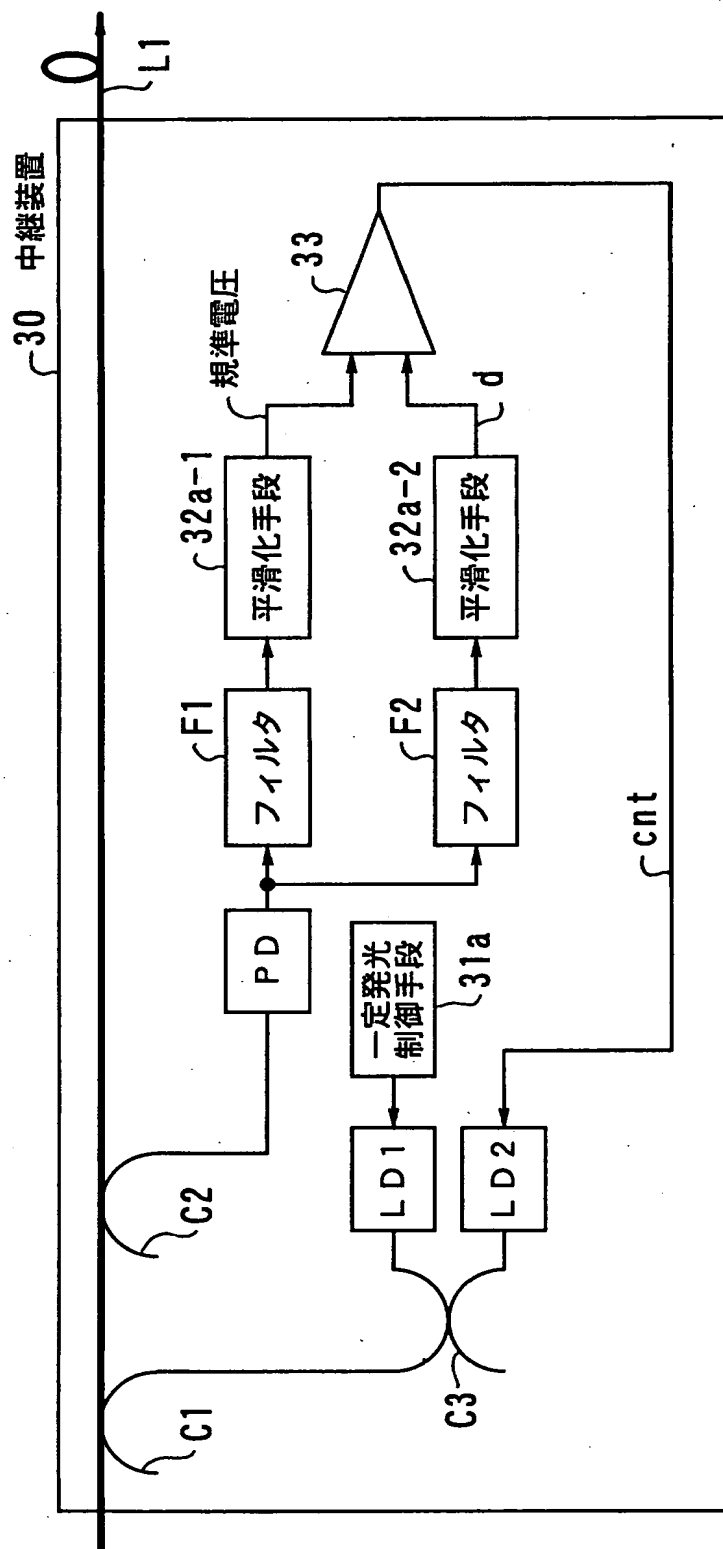
【図15】



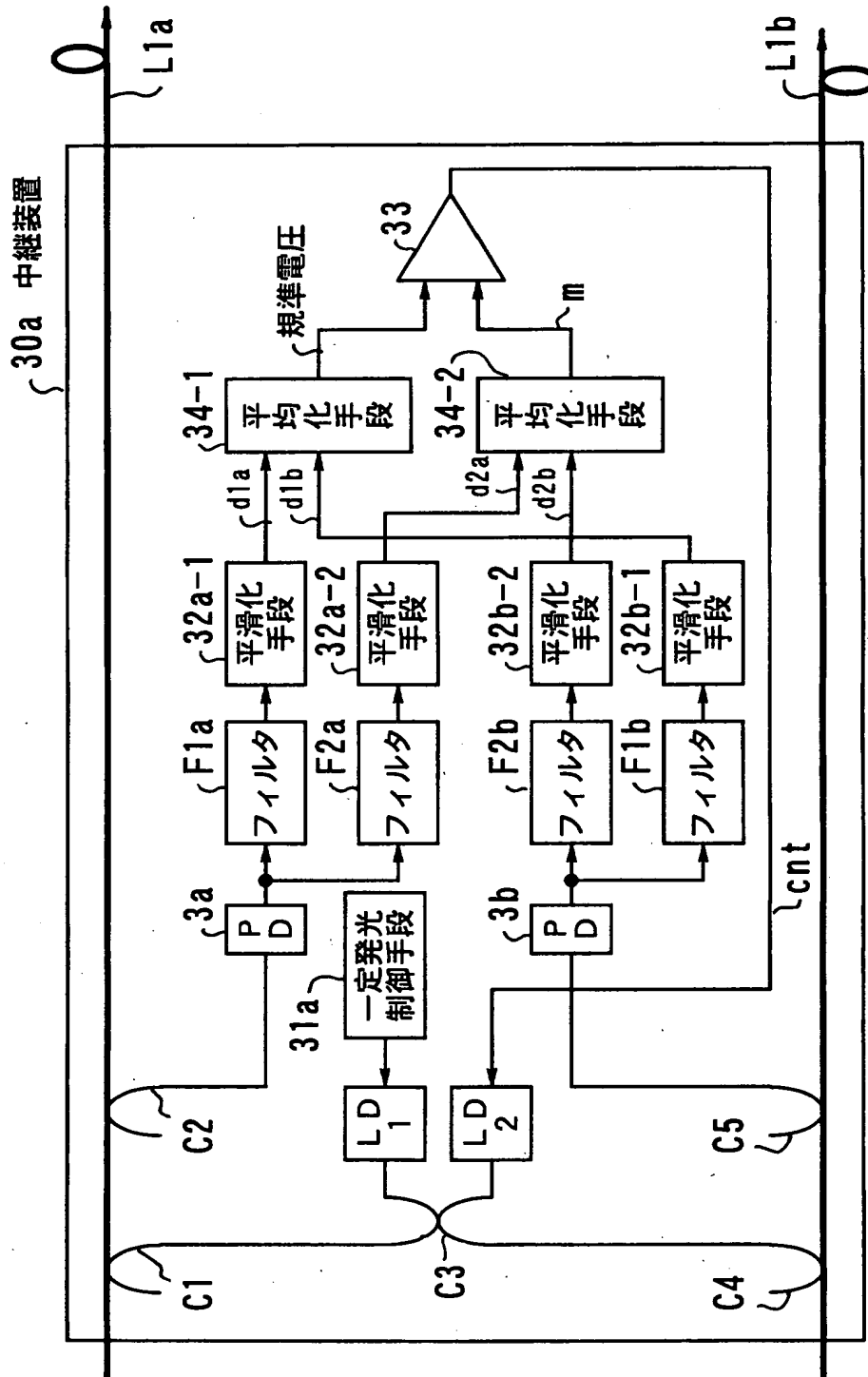
【図16】



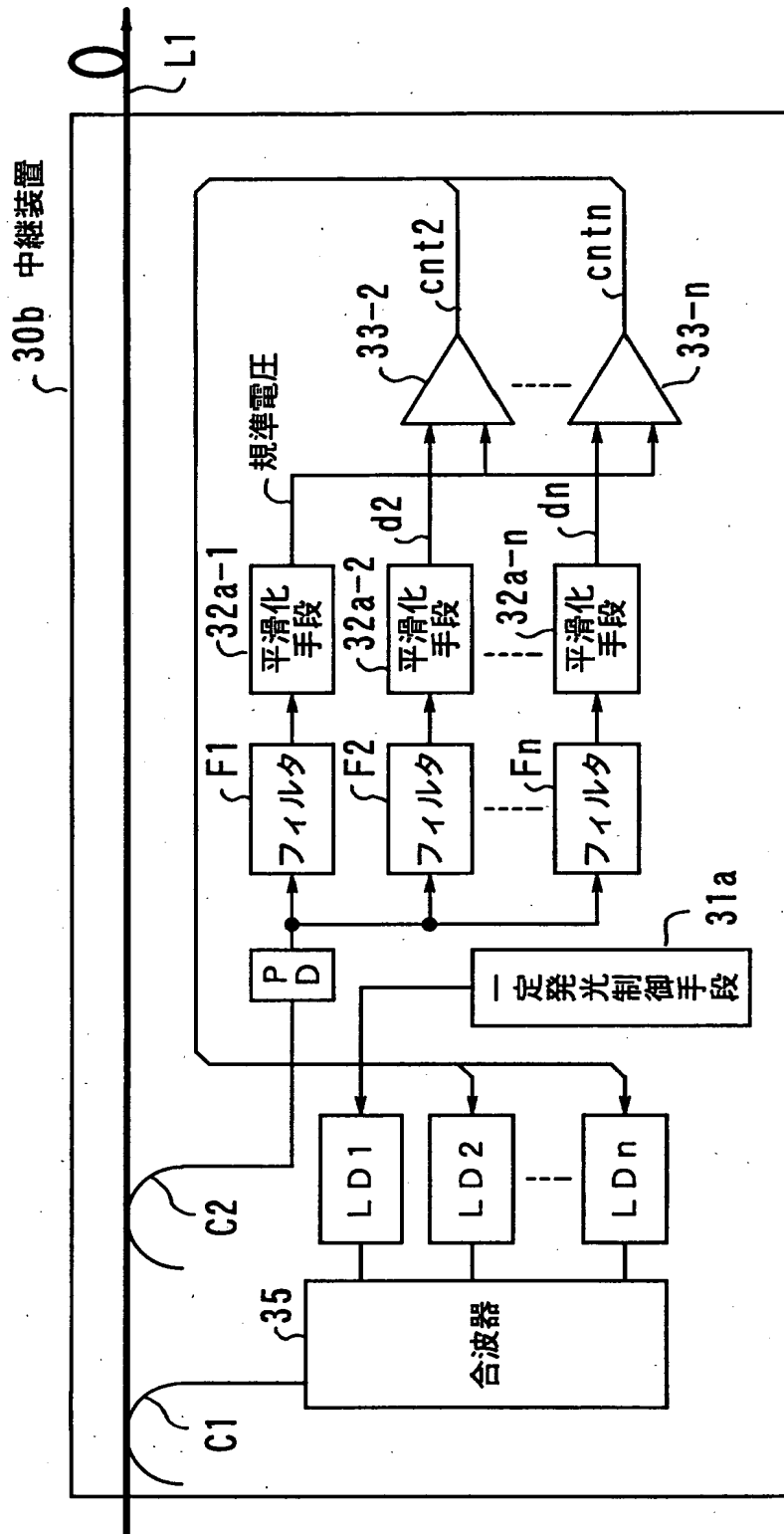
【図 17】



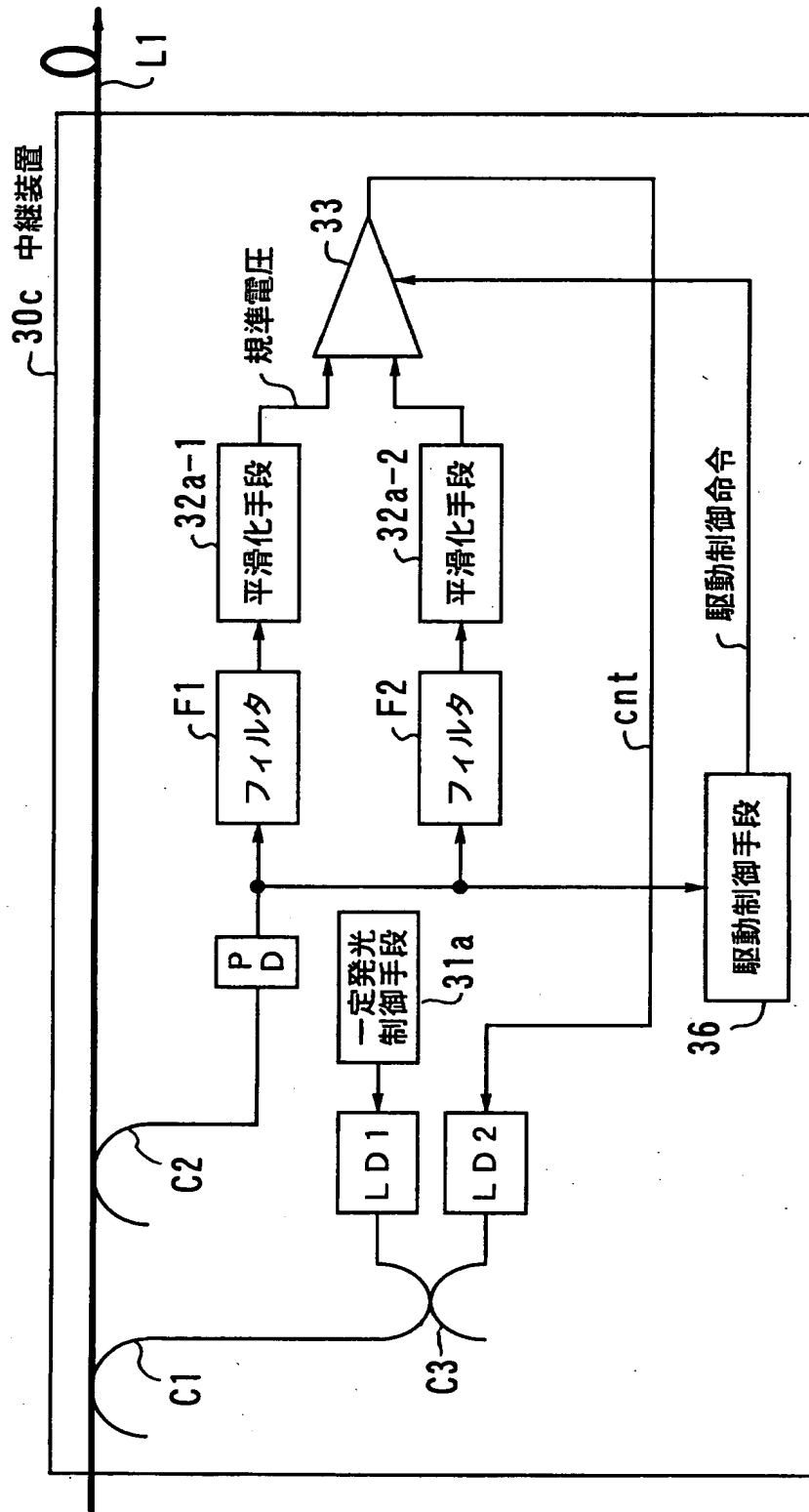
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 利得を光信号パワーの変動に応じて柔軟に変化させて、伝送特性の劣化を抑制し、高品質な光伝送制御を行う。

【解決手段】 光信号パワー認識手段 1 1 は、送信した光信号に対し、利得帯域毎の光信号パワーを認識する。トーン信号設定手段 1 2 は、利得帯域毎に周波数の異なるトーン信号を設定し、光信号パワーに応じて、トーン信号の成分を変化させる。光送信手段 1 3 は、光信号にトーン信号を含めて送信する。光増幅手段 2 1 は、利得帯域毎に設けられ、制御信号にもとづく利得で光増幅を行う。トーン信号抽出手段 2 2 は、トーン信号を抽出して、抽出信号を生成する。利得制御手段 2 3 は、抽出信号と規準信号とを比較して、利得帯域毎の利得差をなくすように、利得を可変制御するための制御信号を生成する。

【選択図】 図 1

特2001-226087

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社